



Title: Análisis energético de un aerogenerador con diferentes grados de inclinación del aspa usando integral numérica

Authors: JUÁREZ-TOLEDO, Carlos, MARTÍNEZ-CARRILLO, Irma, HERNÁNDEZ-EPIGMENIO, Miguel Ángel

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2020-04
BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

Pages: 13
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

Metodología

Resultados

Conclusiones

Agradecimientos

Referencias

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía y la conciencia ambiental han provocado interés en la energía eólica. Como resultado, el viento es la fuente de energía de más rápido crecimiento en el mundo hoy. Los marcos de políticas y los planes de acción ya han sido formulados en varios rincones para satisfacer al menos el 20 por ciento de la demanda mundial de energía con las nuevas energías renovables en el 2010.

En México existe un corredor muy importante en la Venta, Oaxaca, donde se encuentran instaladas las principales centrales eólicas.

Los resultados promedio del estudio de las velocidades del viento de la Venta son:

Moda tipo A: vientos moderados (0 m/s a 10 m/s).

Moda tipo B: vientos fuertes (10 m/s a 25 m/s).

En México existe potencial para la generación de la energía eléctrica a través de las grandes plantas de generación eólicas, así como de las de baja potencia, pero **las diferentes variaciones de velocidades en las rachas de viento hacen que sea necesario un método confiable para seleccionar el tipo de aerogenerador que consiga la mejor eficiencia según las características de la zona.**

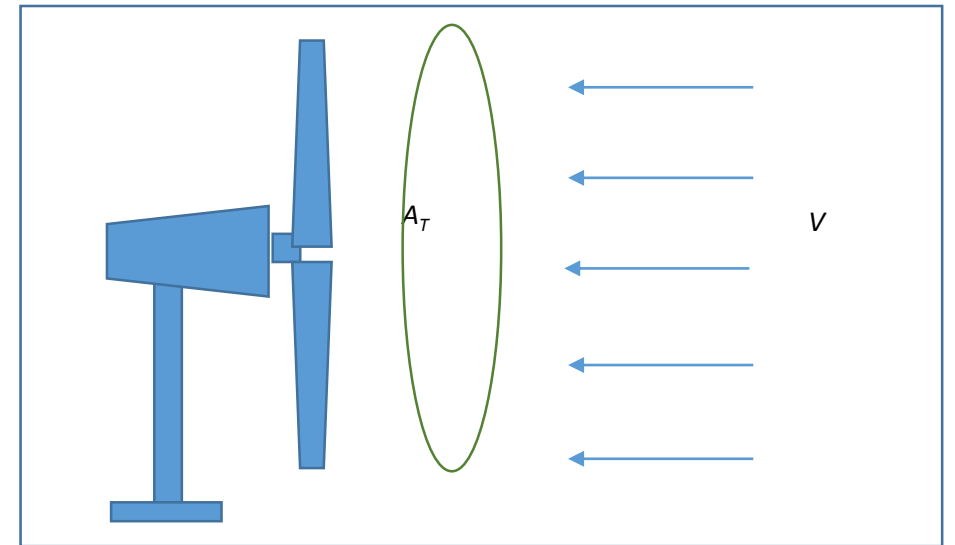


Figura 1 Paquete de aire moviéndose hacia la turbina.

Metodología

En este trabajo se utiliza la integral numérica para determinar el gasto energético de una turbina de 3 alabes a 10 grados de inclinación y dos modificaciones (20 y 40 grados). es decir el área bajo la curva descrita por la ecuación:

$$A_s = A_1 + A_2 + A_3$$

donde A_s representa el área total aproximada de la suma de las áreas individuales A_1 , A_2 y A_3 , ver figura 2.

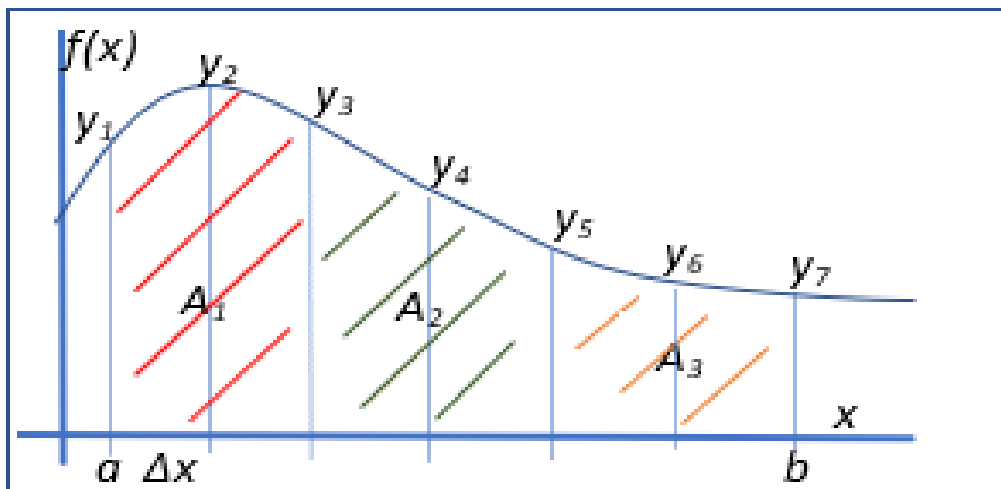


Figura 2 Integración de Simpson con Δx constante

$f(x)$ son las velocidades angulares $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_7)$ determinado por el codificador rotatorio en *rpm*.

Δx es el paso de iteración constante de la toma de muestra de 5 a 21 m/s.

Para determinar cada área en cada sección individual

$$y = ax^2 + bx + c$$

para la primera parábola las constantes desconocidas a , b y c se deben remplazar usando los términos de las velocidades angulares conocidas y_1 , y_2 y y_3 dadas directamente por el codificador rotativo, como se muestra en la figura 3.

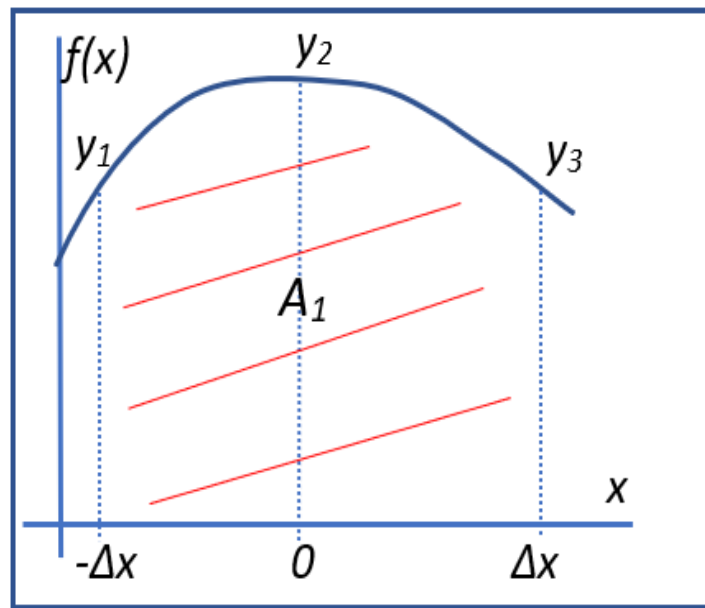


Figura 3 Translación del origen

$$\frac{a\Delta x^3}{3} + \frac{b\Delta x^3}{3} + c\Delta x - \left(-\frac{a\Delta x^3}{3} + \frac{b\Delta x^3}{3} - c\Delta x \right)$$

Gasto energético.

$$A\rho_1 = \frac{\Delta x}{3} (2a\Delta x^2 + 6c)$$

Evaluando en las velocidades conocidas $(-\Delta x, y_1)$, $(0, y_2)$ y $(\Delta x, y_3)$ se obtiene sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \Delta A_s &= \frac{\Delta x}{3} (y_1 + y_{n-1} + 4(y_2 + y_4 + y_6 + \dots + y_n) \\ &\quad + 2(y_3 + y_5 + \dots + y_{n-1})) \end{aligned}$$

Resultados

En la figura 4 se presenta el túnel de viento, al cual se le adaptaron unas aspas movibles para regular el flujo de entrada de aire. Los valores de salida del túnel son de 5 m/s hasta 22 m/s.

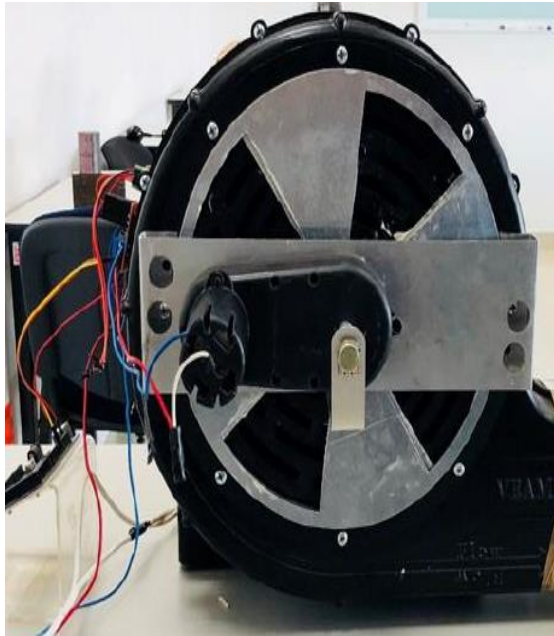


Figura 4 Turbina del túnel de viento



Figura 5 Cámara de pruebas del túnel de viento

Las características principales del aerogenerador de baja potencia son mostradas en la tabla 1.

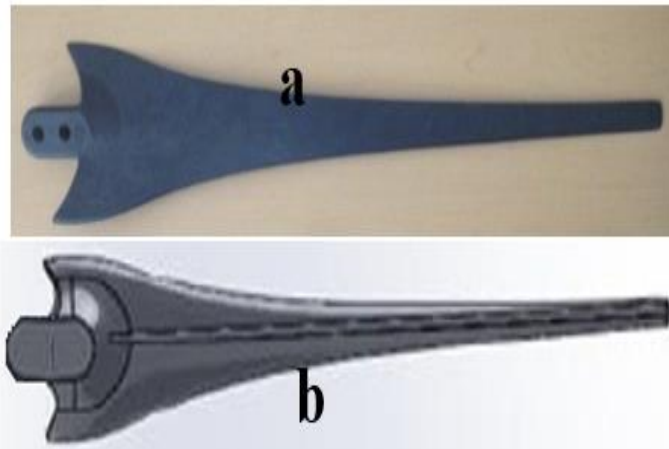


Figura 6 Modelo de aspa

En la figura 6 se muestra:

- a) El original del aerogenerador casero de baja potencia.
- b) El modelo obtenido usando un scanner 3D.

Potencia a 12 m/s	400 W
Potencia a 8 m/s	200 W
Potencia a 6 m/s	100 W
Potencia a 4 m/s	50 W
Potencia a 3 m/s	0 W
Peso	6 kg
Velocidad de supervivencia	42 m/s
Velocidad del freno mecánico	14 m/s

Tabla 1 Características del aerogenerador utilizado

En la figura 7 se muestra:
El modelo de tres aspas
La inclinación original del aspa
La inclinación modificada a 20 grados
La inclinación modificada a 40 grados

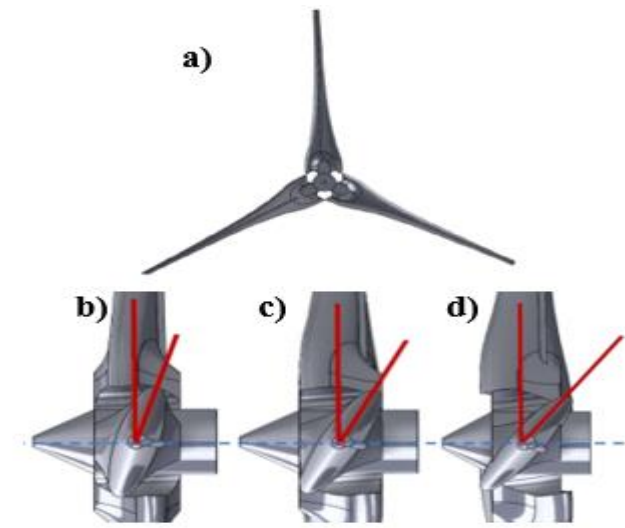


Figura 7 a) sistema de tres hélices, b), c) y d) muestran los modelos del aspa con los ángulos modificados a 10°, 20° y 40° respectivamente.



Figura 8 Sistema de tres hélices y modelos modificados del aspa impresos en 3D

En la tabla 3 y figura 9 se muestran los resultados en rpm para las aspas de 10, 20 y 40 grados de inclinación.

Velocidad del viento m/s	Inclinación por rpm		
	10°	20°	40°
5	5	9	28
6	11	19	60
7	25	48	108
8	57	88	120
9	82	122	180
10	92	145	196
11	102	166	220
12	110	178	260
13	152	210	316
14	165	220	380
15	183	225	420
16	190	266	436
17	202	275	444
18	210	310	512
19	242	323	506
20	262	365	544
21	305	388	640

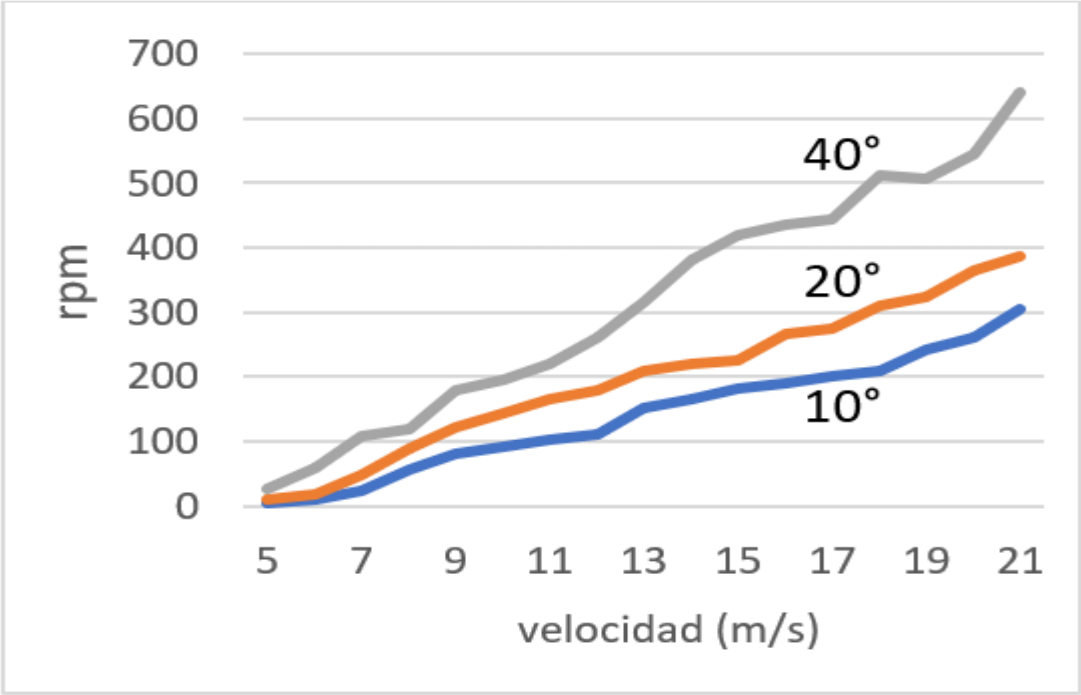


Figura 9 Variación de la velocidad del viento en m/s frente a la velocidad angular del buje de la turbina eólica

Tabla 2 Hélices con diferentes ángulos de inclinación

La tabla 3 muestra las integrales numéricas de la figura 9 con lo que es fácil obtener el porcentaje de mejora de rendimiento del aspa al realizar la modificación de 20 y 40 grados de inclinación (r_{20} y r_{40} respectivamente):

Ángulo del aspa	Gasto energético
10°	2240
20°	3158.5
40°	5036

Tabla 3 Unidades de área de la figura 6 representando el gasto energético

$$r_{20} = \frac{3158.5 \left(rpm * \frac{m}{s} \right)}{2240 \left(rpm * \frac{m}{s} \right)} 100\% = 141.0\%$$

$$r_{40} = \frac{5036 \left(rpm * \frac{m}{s} \right)}{2240 \left(rpm * \frac{m}{s} \right)} 100\% = 224.8\%$$

Conclusiones

La generación de la energía eléctrica por medio de fuentes renovables es una medida que toman los gobiernos y empresas para reducir los efectos de los gases invernadero y reducir costos de operación, consiguiendo ser competitivos en el mercado global.

En este trabajo se presenta un estudio de energía de las aspas de un aerogenerador comercial de pequeño tamaño, en el cual se determinó la velocidad de giro en rpm del aspa a diferentes entradas de velocidad usando un túnel de viento. Posteriormente se realizó la modificación de inclinación del aspa mejorando significativamente su rendimiento.

Agradecimientos: A la
Universidad Autónoma del Estado
de México, UAP Tianguistenco,
recursos PFCE 2020.

Referencias

Akinci, T.C., Seker, S., Guseinoviene, Statistical analysis and Hurst parameter estimation for wind speed in Kirklareli area of Turkey, 8th International Conference and Exhibition on Ecological Vehicles and Renewable Energies, EVER 2013.

Asociación mexicana de Energía Eólica, Noticias AMDEE, México, 2017.

Bakker, A.M.R., van den Hurk, B.J.J.M. Estimation of persistence and trends in geostrophic wind speed for the assessment of wind energy yields in Northwest Europe, Climate Dynamics, 2012.

Baldomero, Mauricio Pablo, Análisis de diferentes álabes de un aerogenerador de eje vertical para oxigenar estanques de peces. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2012.

Chapra, S. C., & Canale, R. P. Métodos numéricos para ingenieros. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, México 2007.

E. Cadenas,a, W. Rivera, Análisis estadístico de mediciones de la velocidad del viento utilizando la técnica de valores desviados, Simposio de Metrología 2008, 2008.

Hernández-Escobedo Q, Espinosa-Arenal F., “Evaluación del potencial eólico para la generación de energía eléctrica en el estado de Veracruz, México”, Medellin 2012, Dyna, ISSN 0012-7353.

Mathew Sathyajith. Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics, Springer, New York, 2006, ISBN-13 978-3-540-30905-5

Richmond-Navarro Gustavo, Desempeño de turbinas eólicas Magnus de eje horizontal en función de sus variables geométricas y cinemáticas, Tecnología en Marcha, Vol. 29, N.º 1, 2016.

SENER, Prospectiva de Energías Renovables, México, 2016.

Tavner, P. J., & Spinato, F. Reliability Analysis for Wind Turbines. Wind Energy, 2007.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)