

Evaluación de la recolección de energía de un generador sin álabes con base de material hiperelástico

José Sebastián Hernández Holguín^{1*}, José Omar Dávalos Ramírez², Rafael Eliecer González Landaeta³

Resumen

Este trabajo presenta el diseño, construcción y evaluación de un aerogenerador sin álabes que aprovecha la resonancia inducida por el viento para la recolección de energía. El sistema propuesto emplea un mástil de PLA con unión flexible de TPU y refuerzo en fibra de carbono, además de películas piezoeléctricas para la conversión de vibraciones en energía eléctrica. La base se fabricó en resina epóxica y el prototipo fue caracterizado mediante análisis dinámico utilizando un acelerómetro ADXL335 y la tarjeta NI USB-6341, con procesamiento de datos en LabVIEW. La frecuencia natural se determinó mediante transformada rápida de Fourier (FFT) y se validó con un generador de vibraciones y pruebas en túnel de viento. Los resultados experimentales indican que el prototipo presenta una frecuencia natural promedio de 294 Hz, evidenciando estabilidad en su comportamiento resonante. Se observó que el grado de recubrimiento en fibra de carbono influye directamente en la rigidez estructural: un recubrimiento parcial incrementa la frecuencia hasta 500 Hz, mientras que un recubrimiento total asegura mayor estabilidad a 294 Hz. Finalmente, se concluye que la integración de la película piezoeléctrica LTD2-028K junto con el módulo LTC3588-1 permitirá optimizar la conversión energética, consolidando la viabilidad del sistema como alternativa innovadora en el aprovechamiento de energías renovables.

Palabras Clave

Aerogenerador sin Álabes – Resonancia Estructural – Películas Piezoeléctricas – Energías Renovables

^{1,2,3}Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.

***Autor de correspondencia:** al244142@alumnos.uacj.mx

Programa académico

Maestría en Ingeniería en Manufactura

Fecha de presentación

22 de mayo de 2025

Financiamiento

SECITHI (CVU 2002120)

Institución responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Evento académico

9.º Coloquio de Posgrados del IIT

Conflicto de interés

Sin conflicto de interés declarado

Referencias

1. Villarreal, D. J. Y. (2018, 7 de junio). Vortex Bladeless. Vortex Bladeless. https://vortexbladeless.com/wp-content/uploads/2018/10/VortexGreenPaper_en.pdf
2. Francis, V. U. S. S. (2021, marzo). Design and analysis of vortex bladeless wind turbine. Materials Today: Proceedings. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321025244>
3. Hamdan, H., Dol, S. S., Gomaa, A. H., Tahhan, A. B. A., Al Ramahi, A., Turkmani, H. F., Alkhedher, M., & Ajaj, R. (2024). Experimental and Numerical Study of Novel Vortex Bladeless Wind Turbine with an Economic Feasibility Analysis and Investigation of Environmental Benefits. Energies, 17(1), 214. <https://doi.org/10.3390/en17010214>

CITACIÓN: Hernández Holguín, J.S., Dávalos Ramírez, J.O., & González Landaeta, R.E. (2025). Evaluación de la recolección de energía de un generador sin álabes con base de material hiperelástico [edición especial]. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 4(1), 29-30.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MANUFACTURA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN MANUFACTURA

Evaluación de la recolección de energía de un generador sin álabes con base de material hiperelástico

José Sebastián Hernández Holguín • Dr. José Omar Dávalos Ramírez • Dr. Rafael Eliecer Gonzáles Landaeta

RESUMEN

Se presenta un aerogenerador sin álabes que utiliza un mástil con base flexible de TPU y películas piezoeléctricas para recolectar la energía cinética del viento mediante resonancia¹. Se determina su frecuencia natural y se valida experimentalmente con un generador de vibraciones. El sistema integra un diseño estructural reforzado con resina epóxica, análisis dinámico mediante FFT y un circuito electrónico con rectificador activo y convertidor Boost.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la necesidad de aprovechar fuentes de energía renovable ha impulsado la investigación de sistemas más eficientes y con menor mantenimiento. Una alternativa emergente son los **aerogeneradores sin álabes**². Este trabajo propone el diseño y evaluación de un prototipo que utiliza un mástil flexible de TPU y películas piezoeléctricas para generar energía eléctrica.

OBJETIVOS

- Diseñar y evaluar un aerogenerador sin álabes que utilice TPU y películas piezoeléctricas para la recolección de energía.
- Determinar su frecuencia natural, validar su comportamiento resonante y valorar la recolección de energía mediante un sistema rectificador activo y convertidor Boost.

METODOLOGÍA

Se diseñó un prototipo con mástil de PLA (15 cm), base de resina epóxica y unión flexible de TPU (4 cm) utilizando impresión 3D, reforzado con fibra de carbono. Se identificaron los modos naturales con un acelerómetro ADXL335 conectado a una NI USB-6341 y programado con LabVIEW. La frecuencia natural se obtuvo mediante FFT. Se usará un generador de vibraciones para validar la resonancia y medir el voltaje en movimiento libre con una película piezoeléctrica LTD2-028K, evaluando el uso de un módulo LTC3588-1.

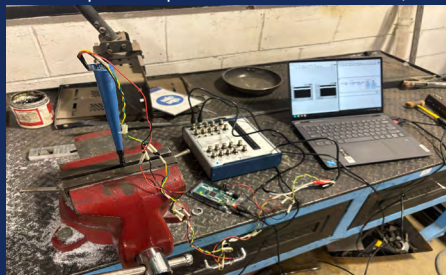


Figura 1. Prototipo durante la prueba de caracterización dinámica, conectado a la tarjeta NI USB-6341 para la obtención de su frecuencia natural mediante análisis de vibraciones.



Figura 2. Prueba del prototipo montado en el túnel de viento para confirmar su frecuencia natural mediante excitación aerodinámica y análisis de respuesta vibratoria.

CONCLUSIÓN

El aerogenerador bladeless diseñado mostró un comportamiento estable con frecuencia natural de 294 Hz. Se evidenció que recubrir el 100 % de la base optimiza la resonancia. Se está trabajando en integrar una película piezoeléctrica LTD2-028K y el módulo LTC3588-1 para recolectar energía eficientemente.

REFERENCIAS

1. D.J.Y.Villarreal, «Vortex Bladeless», 07 Junio 2018. [En línea]. Available: https://vortexbladeless.com/wpcontent/uploads/2018/10/VortexGreenPaper_es.pdf.
2. V. U. S. S. Sigil Francis, «Design and Analysis of Vortex Bladeless Wind Turbine», Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321025244>.
3. H. Hamdan, S. D. Sharul y H. G. Abdelrahman, «Experimental and Numerical Study of Novel Vortex Bladeless Wind Turbine with an Economic Feasibility Analysis and Investigation of Environmental Benefits», 30 Diciembre 2023. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/377022972_Experimental_and_Numerical_Study_of_Novel_Vortex_Bladeless_Wind_Turbine_with_an_Economic_Feasibility_Analysis_and_Investigation_of_Environmental_Benefits. [Último acceso: 29 Febrero 2024].

RESULTADOS

Se realizaron 25 mediciones de frecuencia natural mediante análisis FFT, obteniendo un valor promedio de 294 Hz. Se observó que la rigidez del sistema depende directamente del área recubierta con fibra de carbono sobre la base de TPU. Un recubrimiento parcial (~30 %) eleva la frecuencia hasta 500 Hz, mientras que un recubrimiento completo reduce la flexibilidad, estabilizando la frecuencia alrededor de 294 Hz.



Figura 3. Ensamble completo del prototipo Bladeless con mástil de PLA, base de resina epóxica y unión flexible de TPU.

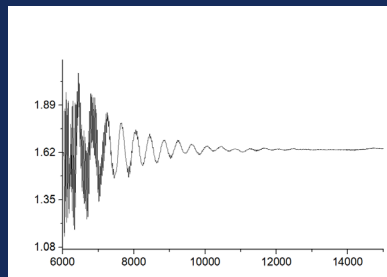


Figura 4. Respuesta vibratoria del prototipo en movimiento libre, mostrando la oscilación y su amortiguamiento progresivo.

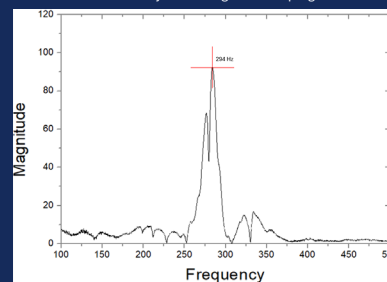


Figura 5. Transformada rápida de Fourier (FFT) del sistema, mostrando un pico de frecuencia natural a 294 Hz.

Figura 1. Cartel Académico: Evaluación de la recolección de energía de un generador sin álabes con base de material hiperelástico.