

ANÁLISIS FLUIDO-ESTRUCTURA DE TURBINA H-DARRIEUS CON WINGLETS E HÍBRIDA

Jose A. Parada-Marin¹, Germán González Silva², Rogelio Pérez-Santiago³, Octavio A. González Estrada⁴, Luis Fernando García⁵

¹ DIMA, Universidad Industrial de Santander, Colombia, joseantonioparadamarin@gmail.com

² GMPH, Universidad Industrial de Santander, Colombia, germangs@uis.edu.co

³ Laboratorio de Materiales Compuestos, Tecnológico de Monterrey, Querétaro, México, rogelio.perez@tec.mx

⁴ DIMA, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, agonzale@uis.edu.co

⁵ RCGI, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidade de São Paulo, Brasil, Email: ingarcia1703@usp.br

Palabras clave: Turbinas eólicas de eje vertical, velocidad de viento baja, optimización aerodinámica, winglets, energía renovable, interacción fluido-estructura, coeficiente de potencia.

Resumen. Las turbinas eólicas han emergido como una alternativa clave para la transición energética, pero los diseños comerciales eficaces suelen exigir velocidades de viento superiores a 10 [m/s] o presentan estructuras masivas poco compatibles con entornos urbanos o rurales. Para cubrir la brecha de velocidades moderadas, la academia ha propuesto conceptos innovadores que aún carecen de validación integral. Se identificaron, caracterizaron y compararon dos prototipos de turbina de eje vertical optimizados para una velocidad de 5 [m/s]: (i) una turbina híbrida Darrieus-Savonius y (ii) una turbina H-Darrieus con aletas tipo winglet. El estudio integró un acoplamiento fluido-estructura: las cargas aerodinámicas transitorias obtenidas mediante dinámica de fluidos computacional se aplicaron en un análisis estructural no lineal para evaluar tensiones equivalentes de von Mises, desplazamientos y frecuencias naturales durante el régimen estacionario y el arranque. Ambos modelos alcanzaron coeficientes aerodinámicos característicos (coeficiente de arrastre 0.88, coeficiente de sustentación 1.25 y coeficiente de potencia 0.31). Estructuralmente, las tensiones máximas fueron de aproximadamente 38 [MPa], menos de la mitad del límite elástico del aluminio 6061-T6 (95 [MPa]), lo que arroja factores de seguridad mayores que 2.1 y deformaciones angulares menores que 0.2 [°]. La primera frecuencia natural se mantuvo por encima de 11 [Hz], separada del rango operativo de 0 a 6 [Hz], evitando la resonancia. La configuración H-Darrieus con winglets mostró un 8 % menos de tensiones pico y un aumento del 12 % en el coeficiente de potencia respecto a la turbina híbrida. El análisis fluido-estructural confirma que la turbina H-Darrieus con winglets ofrece mejor desempeño aerodinámico y adecuada integridad mecánica para vientos bajos, constituyéndose en una opción prometedora para generación distribuida en entornos con recursos eólicos limitados.

Agradecimientos: Agradezco a la Facultad de Físico-Mecánica de la Universidad Industrial de Santander (UIS) por el apoyo otorgado a través de la Convocatoria de Apoyo a la Movilidad, gracias al cual pude asistir al MECOM 2025 y presentar los resultados de este trabajo.