

## METODOLOGÍA DE DISEÑO DE ÁLABES DE TURBINAS EÓLICAS DE MATERIAL COMPUESTO COMBINANDO OPTIMIZACIÓN METAHEURÍSTICA Y TOPOLÓGICA

### AN OPTIMIZATION METHOD BASED ON THE EVOLUTIONARY AND TOPOLOGY APPROACHES TO REDUCE THE MASS OF COMPOSITE WIND TURBINE BLADES

Albanesi Alejandro<sup>a,b</sup>, Peralta Ignacio<sup>a,b</sup>, Bre Facundo<sup>a</sup>, Storti Bruno<sup>a,b</sup> y Fachinotti  
Víctor<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC), Universidad Nacional del Litoral  
(UNL)/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Predio  
CCT-CONICET Santa Fe, Argentina*

<sup>b</sup>*Laboratorio de Flujiometría (FLOW), Facultad Regional Santa Fe (FRSF), Universidad Tecnológica  
Nacional (UTN), Lavaise 610, 3000, Santa Fe, Argentina*

**Palabras clave:** Algoritmos genéticos, Optimización topológica, Elementos finitos inversos, Disposición de material compuesto, Álabes de turbinas eólicas.

**Resumen.** Uno de los desafíos actuales de la industria eólica es el diseño de álabes de material compuesto que sean de gran porte y bajo peso. En este contexto, este trabajo propone una metodología de optimización para minimizar el peso de un álabes de material compuesto de 28.5-m de largo, que pertenece a una turbina de 1.5-MW. En primer lugar, se determina el laminado óptimo de espesor variable para la piel exterior de los álabes combinando elementos finitos con esquemas de optimización basada en algoritmos genéticos con restricciones. Posteriormente, se utiliza optimización topológica para modificar la configuración estructural interna de los álabes, removiendo material de los largueros (shear webs) que es menos esencial para mantener la rigidez y resistencia de la pieza. La metodología propuesta demostró ser una herramienta de rediseño robusta, en la cual optimización topológica se utiliza como un complemento al problema clásico de diseño óptimo de la piel exterior de los álabes.

**Keywords:** Genetic algorithms, Topology optimization, Inverse finite element method, Composite material layout, Wind turbine blades.

**Abstract.** The design of large and lightweight wind turbines is a current challenge in the wind energy industry. In this context, this work aims to present a novel methodology to reduce the mass of composite wind turbine blades by combining evolutionary and topology optimization schemes in a staggered mode. First, the optimal laminate layout in the outer shell skin of the blade is determined by using genetic algorithms and by assuming that the shear webs are fully dense. Considering this optimized shell skin, material is removed from the shear webs by using topology optimization. To illustrate the performance of the methodology, the design of a 28.5-m composite blade is presented. Results show mass savings of up to 23 % and a significant increase of the tower clearance safety margin. Furthermore, it is observed that after the classical genetic optimization of the shell skin, there is still margin to achieve additional mass savings via topology optimization of the shear webs without compromising the structural response of the blade.