Ensayo de Investigación

Identificación de perfiles aerodinámicos de álabes de aerogeneradores a partir de una nube de puntos experimental

Recibido: 17-01-2022 Aceptado: 27-07-2022 (Artículo Arbitrado)

Resumen

En este trabajo se presenta una metodología que permite estimar los parámetros geométricos asociados a la nomenclatura de los perfiles de la serie NACA de cuatro dígitos. La caracterización se realiza a partir de una nube de puntos del perfil aerodinámico bajo estudio obtenida por medio de un perfilómetro óptico. Mediante interpolación polinomial se caracteriza el intradós y extradós obteniendo curvas paramétricas para calcular la curvatura máxima, su posición y el espesor máximo del perfil bajo prueba. El método se valida usando la nube de puntos de un perfil simétrico NACA0012 y un perfil asimétrico NACA 2414. El método propuesto permite obtener resultados similares a los del software comercial para la caracterización de la geometría de los perfiles aerodinámicos que componen a los álabes de aerogeneradores cuya nomenclatura está asociada con sus características geométricas. Sin embargo, el método se puede aplicar a diferentes familias de perfiles aerodinámicos.

Abstract

In this work, a methodology is presented that allows estimating the geometric parameters associated with the nomenclature of the profiles of the four-digit NACA series. The characterization is carried out from a point cloud of the aerodynamic profile under study obtained by means of an optical profilometer. Through polynomial interpolation, the intrados and extrados are characterized, obtaining parametric curves to calculate the maximum curvature, its position and the maximum thickness of the profile under test. The method is validated using the point cloud of a symmetric profile NACA0012 and an asymmetric profile NACA 2414. The proposed method allows obtaining similar results to those of commercial software for the characterization of the geometry of the aerodynamic profiles that make up the blades of wind turbines whose nomenclature is associated with its geometric characteristics. However, the method can be applied to different families of airfoils.

Résumé

Dans ce travail, une méthodologie est présentée qui permet d'estimer les paramètres géométriques associés à la nomenclature des profils de la série NACA à quatre chiffres. La caractérisation est réalisée à partir d'un nuage de points du profil aérodynamique étudié obtenu au moyen d'un profilomètre optique. Par interpolation polynomiale, l'intrados et l'extrados sont caractérisés, obtenant des courbes paramétriques pour calculer la courbure maximale, sa position et l'épaisseur maximale du profil en cours d'essai. La méthode est validée à l'aide du nuage de points d'un profil symétrique NACA0012 et d'un profil asymétrique NACA 2414. La méthode proposée permet d'obtenir des résultats similaires à ceux des logiciels commerciaux pour la caractérisation de la géométrie des profils aérodynamiques qui composent les pales des éoliennes dont la nomenclature est associée à ses caractéristiques géométriques. Cependant, la méthode peut être appliquée à différentes familles de profils aérodynamiques.

Edwin Román Hernández[1]*
Víctor Iván Moreno Oliva[1]
Eduardo Campos Mercado[2]
Isaac Montoya De Los Santos[1]
Sergio Sánchez Sánchez[1]
Máximo Avendaño Alejo[3]

[1]División de Estudios de Posgrado
[2]CONACYT - UNISTMO
Universidad del Istmo

[3]Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología.
Universidad Nacional Autónoma de México

Correspondencia:
*rohe_00@hotmail.com

Palabras clave: Eficiencia aerodinámica, ajuste de curvas, triangulación óptica.
Keywords: Aerodynamic efficiency, curve fitting, optical triangulation.
Mots-clés: Efficacité aérodynamique, ajustement de courbe, triangulation optique.

Introducción

La tecnología de turbinas eólicas ha evolucionado a lo largo de los años y se ha convertido en la tecnología de energía renovable más prometedora y confiable en la actualidad. Esta tecnología se ha desarrollado muy rápido, desde principios de la década de 1980, desde aerogeneradores de unos pocos kilovatios a los aerogeneradores de hoy en día, que generan energía eléctrica en el orden de las decenas de MW. Uno de los elementos fundamentales de un aerogenerador o turbina eólica es el rotor, que está integrado generalmente por tres álabes. Son los álabes los que permiten realizar la conversión de la energía del viento y transformarla

a energía mecánica. La energía mecánica posteriormente es transformada en energía eléctrica por un generador. Por los que, es de principal atención el estudio de los aerogeneradores, ya que, permiten el aprovechamiento de la energía eólica.

Hoy en día los perfiles aerodinámicos son diseñados específicamente para diversas aplicaciones, como pueden ser hélices de helicópteros, alas de aviones, álabes de aerogeneradores, etc. Entre las diferentes familias de perfiles se destacan las series NACA, TsAGI, Joukowsky, Clark Y, NREL, Gottingen, NLF, por mencionar algunas (Robles y Pérez, 2015; Abbot y Von Doenhoff, 1945; Kulfan, 2008). Cada familia o serie identifica sus perfiles de una manera particular con un código numérico en el que cada dígito especifica una característica geométrica del perfil siguiendo reglas de diseño propio de cada serie.

Las series NACA, que son las más empleadas en la actualidad, fueron las primeras en ser desarrolladas y estudiadas en forma sistemática por el Comité Consejero Nacional de Aeronáutica (NACA, por sus siglas en inglés) (Theodore, 1931; Eastman, Kenneth y Robert, 1933). Las primeras series de esta familia de perfiles, de cuatro y cinco dígitos, fueron generadas empleando ecuaciones analíticas que describen la línea de curvatura media y la distribución de espesores a lo largo de la sección. Los perfiles de la serie NACA de cuatro dígitos, se describen empleando la palabra NACA y un código numérico de cuatro dígitos, en donde los dos últimos números representan el espesor máximo en porcentaje de la cuerda, mientras que el primer y segundo dígito denotan la curvatura máxima (en porcentaje de la cuerda) y su posición (en décimas de la cuerda), respectivamente (Fazil y Jayakumar, 2011; Abbot y Von Doenhoff, 1959).

La idea básica en el diseño de perfiles aerodinámicos es que las características de la capa límite deseada son el resultado de la distribución de presión, que depende de la forma o la geometría del perfil (Flores, Arias, Fernández, Rodríguez, 2006; Cabrera, Pestana, Weslley-Bourke, 2008). Por lo tanto, es fundamental conocer las características geométricas de un perfil para estudiar su comportamiento aerodinámico ante determinadas condiciones de viento. Actualmente existen catálogos en los cuales se pueden consultar las características de una gran variedad de perfiles (Airfoiltools, 2019), que permiten estudiar estas características aerodinámicas y geométricas de distintas familias o series de perfiles aerodinámicos, además de que se puede realizar una comparación entre varias secciones del perfil. Sin embargo, no siempre es posible obtener estas características geométricas sobre los perfiles aerodinámicos que componen los álabes de un aerogenerador debido a que la información no se encuentra publicada o bien no es de acceso libre.

Varios autores han desarrollado metodologías empleando técnicas ópticas que permiten validar o inspeccionar la calidad en la manufactura de los álabes de aerogeneradores, basándose en el método de triangulación láser, empleando diferentes configuraciones del sistema óptico (Farbod y Feng, 2014; Zhu, Liu, Li y Kang, 2015; Hsu, Lai, Ueng, 2006; Li, Zhou y Yan, 2014; y Moreno et al., 2019). Los resultados obtenidos en estos trabajos establecen que los métodos ópticos reconstruyen con buena precisión los perfiles aerodinámicos bajo estudio. Algunos autores (Robles, 2015) tratan de caracterizar la geometría de los álabes, para esto, desarrollan algoritmos de programación en diferentes softwares comerciales capaces de reproducir las características geométricas de un perfil aerodinámico a partir de una distribución de presiones especificada. Xiaoqiang et al., (2018), propone un proceso para optimizar perfiles aerodinámicos a partir del desacoplamiento de la máxima distancia entre la línea de cuerda, la línea de curvatura media y el espesor máximo del perfil bajo estudio, permitiendo expresar al perfil mediante una menor cantidad de parámetros geométricos. Pérez L., Galván S., Domínguez, F., (2021) reconstruyen virtualmente la geometría de un álabe implementando una combinación de reconstrucción simplificada de perfiles aerodinámicos empleando polinomios de Bernstein de cuarto grado. Cerriteño, A., Delgado, G., Galván, S., Domínguez, F., Ramírez, R. (2021), reconstruyen un álabe completo empleando una serie de algoritmos para combinar secciones y superficies aproximadas paramétricamente.

En este trabajo se parametriza la nube de puntos experimental asociada con un perfil aerodinámico bajo estudio, para obtener sus características geométricas (espesor máximo, máxima distancia entre la línea de cuerda y la línea de curvatura media, además de sus respectivas posiciones con respecto a la

cuerda). Se obtienen nubes de puntos experimentales empleando un perfilómetro óptico, por lo que es posible identificar los parámetros geométricos asociados con perfiles aerodinámicos de álabes bajo estudio.

Teoría

Los perfiles aerodinámicos de la serie NACA se diseñan combinando una distribución de espesor con una línea de curvatura, de tal forma que diferentes combinaciones de estas dan lugar a diferentes perfiles aerodinámicos. Para diseñar estos perfiles se parte del hecho de que sus características geométricas son conocidas (ver la Figura 1), es decir, que los valores para la combadura máxima, su posición a lo largo de la cuerda y el espesor máximo del perfil son conocidos. De esta manera, la máxima distancia entre la línea de cuerda y la línea de curvatura media se obtiene de la ecuación (1), donde m es la curvatura máxima, y p su posición, cada uno de estos parámetros en porcentaje de la cuerda c, normalizada.

$$\begin{aligned} y_c &= \frac{m}{p^2}(2px - x^2), \qquad 0 \le x \le p \\ y_c &= \frac{m}{(1-p)^2}[(1-2p) + 2px - x^2], \qquad p < x < c \end{aligned} \tag{1}$$

Para calcular las coordenadas del intradós y extradós que caracterizan a los puntos sobre el perfil se emplea la ecuación (2) de distribución de espesores, de acuerdo a las especificaciones geométricas de NACA.

$$y_t = \pm \frac{t}{0.2}(0.2969\sqrt{x} - 0.1260x - 0.3516x^2 + 0.2843x^3 - 0.1015x^4) \tag{2}$$

en donde t es el espesor máximo del perfil. A partir de las coordenadas obtenidas experimentalmente por medio de la técnica de triangulación óptica, se obtienen los parámetros geométricos, para luego identificar la nomenclatura del perfil aerodinámico (Moreno, 2019).

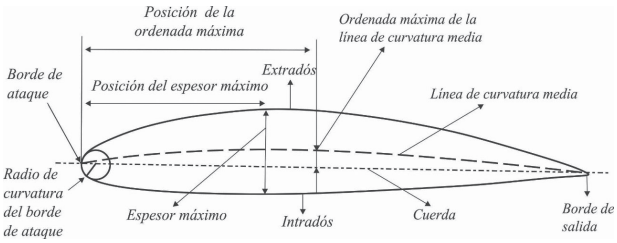

Figura 1. Características geométricas de un perfil aerodinámico. **Fuente**: Elaboración propia.

Metodología

Un perfilómetro óptico o escáner láser, nos permite obtener las coordenadas tridimensionales de los puntos sobre las curvas (intradós y extradós) que caracterizan un perfil aerodinámico empleando la técnica de triangulación láser. Esta técnica requiere de tres elementos, los cuales son un emisor láser, el objeto bajo prueba (álabe) y una cámara que captura las imágenes. Se proyecta una línea láser sobre el álabe bajo prueba, la cámara captura la imagen de esta línea láser y se emplea procesamiento de imágenes para asociar los desplazamientos laterales de esta con cambios de altura en el objeto (ver la Figura 2).

Moreno et al., (2019) muestra los resultados experimentales de perfiles aerodinámicos escaneados con este dispositivo, en donde además dan a conocer el error que presenta la técnica, la cual se realizó con una resolución de 0.1 mm para determinar las alturas en cada punto del perfil, tomando en cuenta que la medida más pequeña es de 1 pixel en el plano imagen. Para obtener los parámetros geométricos asociados con la nomenclatura de los perfiles NACA de cuatro dígitos se obtiene por medio del perfilómetro óptico la nube de puntos asociados con el perfil aerodinámico bajo estudio, como se muestra en la Figura 3, en donde se supone que se han obtenido un total de n puntos asociados con el extradós y m puntos asociados con el intradós, tomando en consideración que el intradós y extradós se intersecan en dos puntos diferentes.

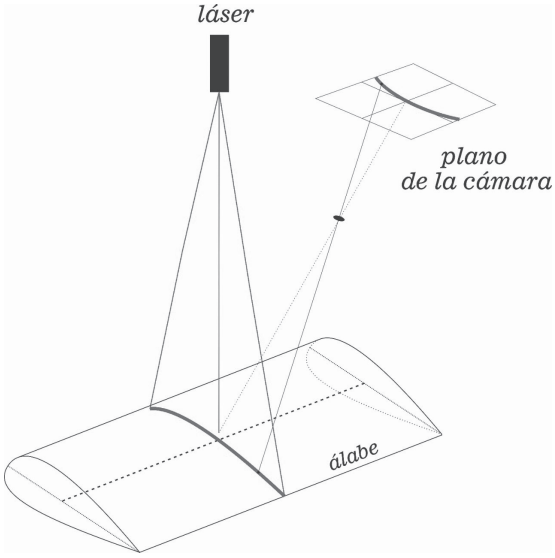

Figura 2. Esquema de medición empleando la técnica de triangulación láser. **Fuente**: Elaboración propia.

Usando el método de ajuste por interpolación polinomial sobre la nube de puntos que caracterizan al intradós y extradós, se obtienen ecuaciones paramétricas características del perfil aerodinámico completo (ver las ecuaciones (3)). En la Figura 4 se muestran las coordenadas del intradós (x_i, y_i) y del extradós (x_e, y_e) del perfil aerodinámico parametrizado, donde $0 \leq x \leq 1$ y los valores en el eje y de los puntos sobre el perfil aerodinámico están dados por las ecuaciones (3).

$$\begin{aligned} y_i(x) &= a_{i0} + a_{i1}x + a_{i2}x^2 + a_{i3}x^3 + \cdots + a_{i(m-1)}x^{(m-1)} \\ y_e(x) &= a_{e0} + a_{e1}x + a_{e2}x^2 + a_{e3}x^3 + \cdots + a_{e(m-1)}x^{(m-1)} \end{aligned} \quad (3)$$

Para extraer la información geométrica de interés del perfil aerodinámico se emplean las ecuaciones paramétricas de las curvas asociadas con el perfil aerodinámico bajo prueba (ver las ecuaciones (3)). Cada valor de x entre 0 y 1 tiene asociado un valor para estos parámetros geométricos de interés, como se muestra en la Figura 4, en donde se denota por x_k un punto a lo largo de la cuerda que indica la posición del espesor y la curvatura asociados con dicha sección transversal del perfil, y sus correspondientes valores del intradós, extradós y la curvatura en el eje y.

El espesor de cada sección transversal del perfil aerodinámico se puede representar por medio de la función $l(x)$, como se muestra en la ecuación (4).

$$l(x) = y_e(x) - y_i(x), \qquad 0 \leq x \leq 1 \quad (4)$$

Usando la ecuación (4), el espesor máximo del perfil aerodinámico bajo prueba estará dado por $l(x_{max})$, en donde x_{max} representa los puntos críticos de la función $l(x)$, para el cual se satisfacen las igualdades (5).

$$\begin{aligned} &l'(x_{\max}) = 0 \\ &l(x_{\max}) \geq l(x), \qquad \forall x \in [0,1] \end{aligned} \quad (5)$$

Para determinar la curvatura máxima, y su posición, se emplea nuevamente la Figura 4, en donde se denota como $P_c(x_k)=(x_k, y_k(x_k))$ las coordenadas de los puntos sobre la línea de curvatura media del perfil aerodinámico, para $0 \leq x \leq 1$. La línea de curvatura media del perfil es el lugar geométrico de la distancia media entre dos puntos del intradós y extradós con el mismo valor $x=x_k$ a lo largo de la cuerda.

Un cálculo directo muestra que el lugar geométrico de los puntos sobre la línea de curvatura media estará dado por la ecuación (6).

$$y_c = y_i(x) + \frac{l(x)}{2} \quad (6)$$

La distancia entre la línea de cuerda y la línea de curvatura media del perfil aerodinámico bajo estudio estará dada por la ecuación (7).

$$c(x) = |y_c(x)| = \left| y_i(x) + \frac{l(x)}{2} \right| \quad (7)$$

Empleando las ecuaciones (6) y (7), la curvatura máxima estará dada por $c(x_{max})$, en donde x_{max} es el punto crítico de la función $c(x)$ y que representa la posición de la curvatura máxima, para el cual se deben cumplir las condiciones propuestas en las ecuaciones (8).

$$\begin{aligned} &c'(x_{\max}) = 0 \\ &c(x_{\max}) \geq c(x), \qquad \forall x \in [0,1] \end{aligned} \quad (8)$$

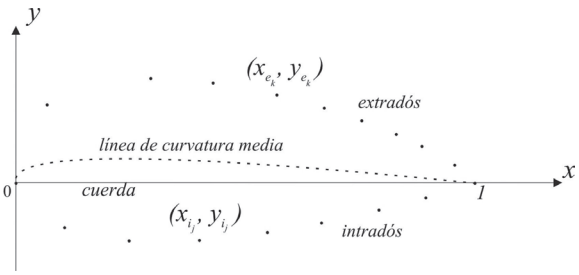

Figura 3. Conjunto de puntos discretos asociados con un perfil aerodinámico arbitrario. **Fuente**: Elaboración propia.

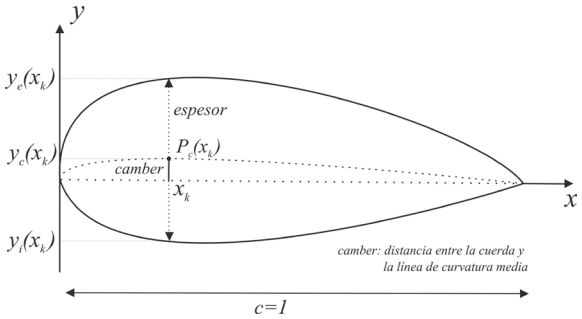

Figura 4. Conjunto de datos parametrizados por métodos de interpolación. **Fuente**: Elaboración propia.

Resultados

Para validar la metodología presentada para la identificación de perfiles aerodinámicos mediante un perfilómetro óptico se usan los perfiles NACA 0012 y NACA 2414. Para esto, las secciones de los perfiles aerodinámicos bajo estudio son montadas en el banco de pruebas (Moreno et al., 2019), como se muestra en la Figura 5.

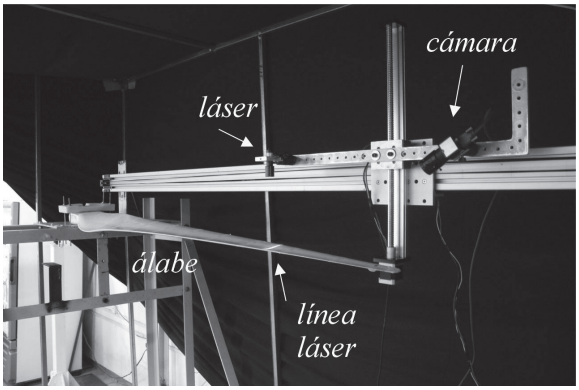

Figura 5. Banco de pruebas experimentales empleando la técnica de triangulación láser. **Fuente**: Elaboración propia.

En la Figura 6a se muestra la nube de puntos obtenida experimentalmente para el perfil NACA 0012, para el cual se sabe que la curvatura máxima es nula (0 %) y que tiene un espesor máximo del 12 % ubicado al 30 % de la cuerda, mientras que en la Figura 6b se muestran las curvas paramétricas asociadas al intradós y extradós una vez que se ha empleado el método de interpolación polinomial a la nube de puntos. En este caso se obtuvieron un total de 64 datos para cada curva paramétrica, por lo que están caracterizadas por polinomios de grado 63.

En las Figuras 7a y 7b se muestra el conjunto de datos obtenido experimentalmente mediante el perfilómetro óptico y la curva ajustada por el método de interpolación polinomial sobre el perfil NACA 2414, para el que se sabe que tiene idealmente una curvatura máxima de 2 % al 39.6 % de la cuerda y un espesor máximo de 14 % en la posición 29.5 % de la cuerda.

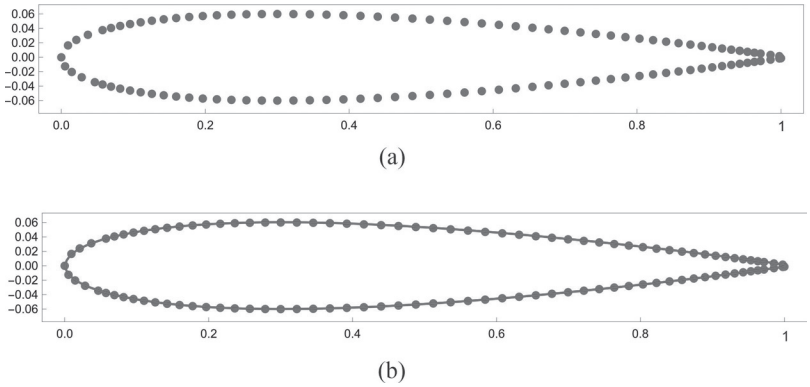

Figura 6. (a) Conjunto de puntos obtenidos experimentalmente con un perfilómetro óptico, (b) curva paramétrica ajustada por interpolación polinomial. **Fuente**: Elaboración propia.

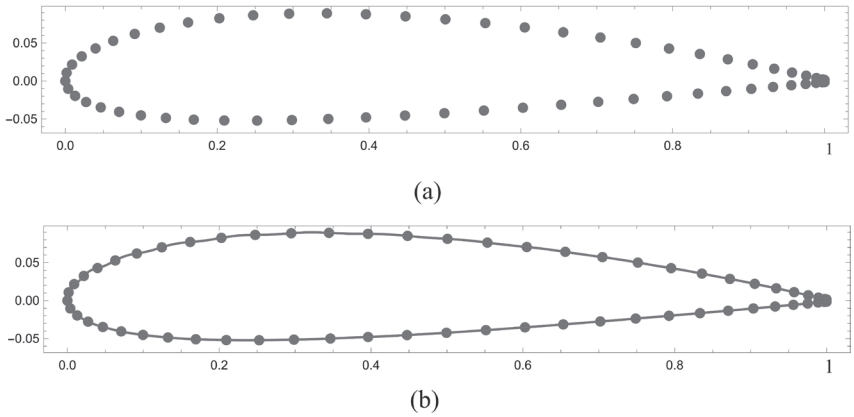

Figura 7. (a) Conjunto de datos obtenidos experimentalmente con un perfilómetro óptico, (b) curva paramétrica ajustada por interpolación polinomial sobre el perfil NACA 2414. **Fuente**: Elaboración propia.

Tabla 1. Comparación de parámetros geométricos ideales y obtenidos experimentalmente.

Perfiles	NACA 0012		NACA 2414		NACA 2415	
Parámetros Geométricos	Ideal	Calculado	Ideal	Calculado	Ideal	Calculado
Curvatura máxima	0 %	0 %	2 %	2.02288 %	2	2.02832 %
	error 0		*error* 1.144%		*error* 1.416%	
Posición de la curvatura máxima	0 %	0 %	40 %	41.9108 %	40 %	41.95 %
	error 0		*error* 4.77 %		*error* 4.875 %	
Espesor máximo	12 %	12.0059 %	14 %	14.0612 %	15 %	15.0745 %
	error 0.049 %		*error* 0.437 %		*error* 0.496 %	

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se validó la metodología empleando una nube de puntos ideal a partir de información obtenida de Airfoiltools (2019) de los parámetros geométricos asociados con el perfil NACA 2415. Los resultados se muestran en la Figura 8 en donde se observa la superposición de la nube de puntos ideal y las curvas paramétricas asociadas con el intradós y extradós del perfil, obtenidas mediante interpolación polinomial. Para este caso se obtiene un espesor máximo de 15.0745 % y una curvatura máxima de 2.02832 % localizado al 41.95 % de la cuerda.

En la Tabla 1 se muestra la comparación entre los parámetros geométricos ideales y los obtenidos experimentalmente mediante la metodología presentada para los perfiles aerodinámicos bajo estudio. Los errores porcentuales obtenidos por el método son aceptables y se deben a errores en la medición u obtención de la nube de puntos, así como al método de ajuste empleado.

Conclusiones

Se presenta una metodología que permite estimar con buena precisión los parámetros geométricos asociados a perfiles aerodinámicos de la serie NACA de cuatro dígitos. Para esto, se emplea un método óptico por triangulación láser validado por varios autores que permite reconstruir el perfil aerodinámico bajo estudio. Los resultados obtenidos son comparables con el software comercial Xfoil comúnmente empleado en el diseño de perfiles aerodinámicos, que permite además de diseñar, obtener sus características geométricas asociadas a su nomenclatura. Utilizando este método es posible emplear la ingeniería inversa para reconstruir o manufacturar álabes de aerogeneradores dañados, de los cuales se desconozca su geometría o características geométricas.

El método presentado puede aplicarse para obtener características geométricas asociadas con distintas familias de perfiles aerodinámicos, sin embargo, la familia NACA asocia su nomenclatura con sus parámetros geométricos. En el caso de esta metodología, se emplean tres parámetros geométricos para identificar el tipo de perfil bajo prueba (NACA de cuatro dígitos).

La parametrización de los datos discretos asociados con el perfil aerodinámico bajo estudio permite simular diferentes grados de erosión y/o daño en distintas zonas del perfil aerodinámico, lo que implica que es posible llevar a cabo un estudio sobre la pérdida de eficiencia aerodinámica para este tipo de perfiles aerodinámicos. Este estudio, como un trabajo a futuro, permitirá al usuario o empresas eólicas definir mantenimientos predictivos o correctivos a los álabes de acuerdo a su grado de erosión y/o daño.

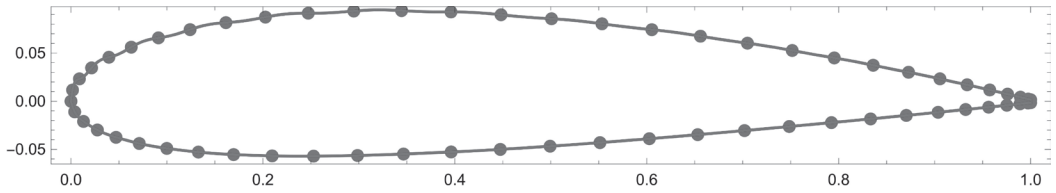

Figura 8. Superposición de la nube de puntos y curvas paramétricas asociadas con el perfil ideal NACA 2415. **Fuente**: Elaboración propia.

Bibliografía

Abbott, I., Von Doenhoff, A. (1959). Theory of wing sections. New York: Dover Publication.

Abbott, I., Von Doenhoff, A. & Stivers, L. (1945). Summary of airfoil DATA. NACA Report 824. USA: National Advisory Committee for Aeronautics.

Airfoilstools database (2019). Base de datos de perfiles aerodinámicos tabulados. Recuperado el 27 de julio de 2022, de http://airfoiltools.com/.

Cabrera, R., Pestana, L. & Wellesley-Bourke, J. (2008). Obtención de un modelo matemático para el desarrollo del perfil del ala de una aeronave. *Ingeniería Mecánica*. 11(2): 13-20.

Cerriteño, A., Delgado, G., Galván, S., Domínguez, F. & Ramírez, R. (2021). Reconstruction of the Francis 99 main runner blade using a hybrid parametric approach. IOP Conf. Ser.: *Earth Environ. Sci*. 774 012074.

Eastman, J., Kenneth W. & Robert, P. (1933). The Characteristics of 78 related airfoil sections from test in the Variable-Density wind tunnel. NACA Report 460. USA: National Advisory Committee for Aeronautics

Farbod, F. & Feng, H. (2014). Airfoil profile reconstruction under the uncertainty of inspection data points. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.* 71: 1-4.

Fazil, J. & Jayakumar, V. (2011). Investigation or airfoil profile design using reverse engineering bezier curve. *ARPN Journal or Engineering and Applied Sciences*, 6(7): 28-39.

Flores, D., Arias, A., Fernández, T. & Rodríguez, F. (2006). *Diseño de perfiles aerodinámicos*. Tesis de maestría no publicada. Instituto Politécnico Nacional, México.

Hsu, T., Lai, J. & Ueng, W. (2006). On the development of airfoil section inspection and analysis technique, *Int. J. Adv Manuf Techo*l. 30(129).

Kulfan, B. (2008). Universal parametric geometry representation, *J. Aircr.* 45(1): 142-158.

Li, W., Zhou, L., & Yan, S. (2014). A case study of blade inspection based on optical scanning method. *International Journal of Production Research*. 53(7): 2165-2178.

Moreno, V., Román, E., Torres, E., Dorrego, R., Alejo, M., Campos, M. & Sánchez, S. (2019). Measurement of quality test of aerodynamic profiles in wind turbine blades using laser triangulation technique. *Energy Science and Engineering*. 7(4): 1-11.

Pérez, L. (2021). *Reconstrucción virtual de un álabe de turbina de vapor mediante interpolación transfinita y polinomios de Bernstein de cuarto grado*. [Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. Repositorio institucional de la UMSNH http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/5576.

Robles, A. (2015). Diseño de perfiles aerodinámicos mediante metodología inversa. España: Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla.

Theodore, T. (1931). Theory of wing sections of arbitrary shape. NACA Report 411. USA: National Advisory Committee for Aeronautics.

Xiaoqiang, L., Jun, H., Lei, S. y Jing, L. (2018). An improved geometric parameter airfoil parameterization method. *Aerospace Science and Technology.* 78: 241-247.

Zhu, Y., Liu, J., Li, Ch., & Kang, Z. (2015). An Optical-triangulation-based method for measurement of blade sections. *Applied Mechanics and Materials*. 713-715: 395-401.

Repositorio

Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (RI-UTM)

http://repositorio.utm.mx/

El **RI-UTM** es una plataforma que emplea estándares internacionales y mecanismos de acceso abierto para albergar y difundir publicaciones e información académica, científica y tecnológica generada en nuestra institución siempre y cuando haya pasado por un proceso de revisión. La visibilidad de esta producción se logra a través de la conexión con el Repositorio Nacional (RN) de CONACYT.

¿Qué se puede publicar en el RI-UTM?

Publicaciones científicas que hayan pasado por un proceso de revisión por pares y que a su vez hayan sido aceptados para su publicación.

¿Se puede difundir en el repositorio información publicada en revistas y congresos?

Sí, la mayoría de los acuerdos de derechos de autor permiten que el investigador difunda sus publicaciones (ya sea la versión publicada o el preprint/borrador) en el repositorio institucional que le corresponde.

¿Porque publicar en el RI-UTM?

- Esta incorporado al Repositorio Nacional. Actualmente se tienen 296 recursos cosechados, principalmente tesis de posgrado.
- Difundir y preservar la producción científica de manera libre, inmediata, gratuita y protegida.
- Acelerar el desarrollo del conocimiento.

Repositorio Nacional

¿Cómo depositar?

http://repositorio.utm.mx/Files/informacionDepositarios.pdf

Licencia de publicación

BY NC ND

Colecciones del repositorio

- Artículos
- Revista TEMAS
- Libros
- Tesis de posgrado

Contacto
repositorio@mixteco.utm.mx
Extensión: 312