



Title: Morphing wing models analysis and synthesis for the sustainable aeronautics industry

Authors: SANDOVAL-MARCELINO, Andres Mariano, CRUZ-GÓMEZ, Marco Antonio, MEJÍA-PEREZ, José Alfredo and TEUTLI-LEÓN, Margarita

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2021-01

BCIERMMI Classification (2021): 271021-0001

Pages: 10

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](https://twitter.com/EcorfanC)

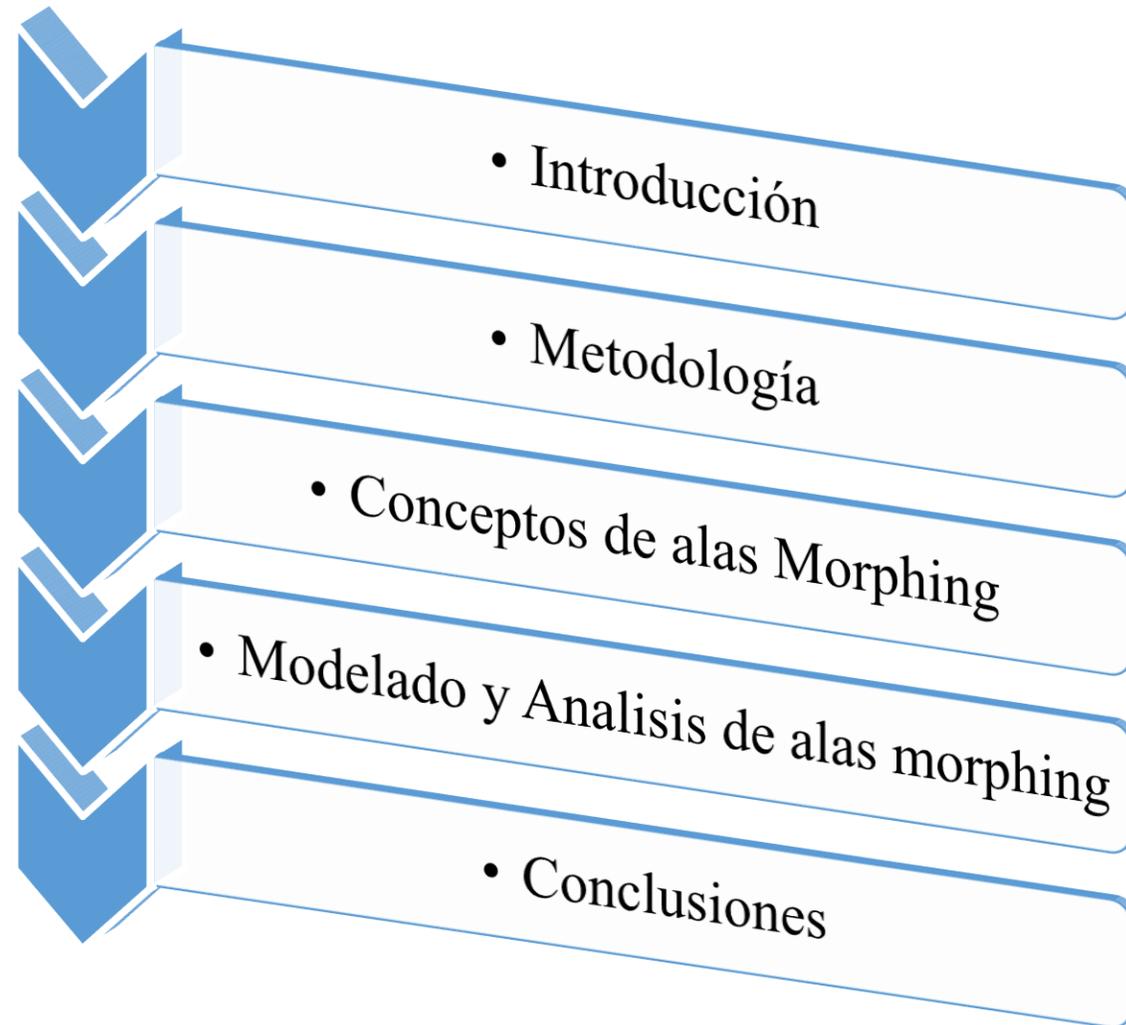
www.ecorfan.org

Holdings

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



BUAP





Introducción

La palabra morph proviene de la palabra griega “morphos”, y su significado es forma. La idea de un ala Morphing es adaptar su forma aerodinámica a cada condición de vuelo para obtener el mejor rendimiento posible en: la autonomía, control del aeronave y en sus fases del vuelo etc. El propósito es tener una flota de un solo avión de tipo morphing el cual es capaz de ser utilizado en diferentes condiciones de vuelo y es más rentable que tener una flota de aeronaves las cuales cada una es diseñada para una función en específico *Li, D. et. al. (2018)*.

Metodología



Esta investigación tiene un enfoque mixto el cual aplica tecnologías cuantitativas y cualitativas

Método cuantitativo	Método cualitativo
<ul style="list-style-type: none">• Se tiene un muestreo de alas morphing las cuales se clasifican respecto al cambio de geometría, la variación de envergadura, el ángulo de ataque y salida, etc. en los cuales se tiene como parámetros control de vuelo, rendimiento, peso, autonomía, coeficientes de resistencia y sustentación, etc.	<ul style="list-style-type: none">• Los modelos mencionados cuantifican variables como Von Mises, esfuerzos cortantes, resistencias a flujos lineales y turbulentos, deformaciones.• Al realizar comparaciones entre resultados de estos y se obtuvieron los valores estimados en dichas referencias, en estos trabajos previos se describen una cantidad de mejoras que se pueden implementar (control de vuelo, rendimiento, peso, autonomía) lo cual ha dado conceptos novedosos los cuales son puestos a prueba en modelos de vehículos aéreos no tripulados

Conceptos de alas Morphing

Conceptos a Nivel aerodinámico (2D)

- Los conceptos relacionados con curvatura variable y el espesor para casos de prueba 2D *Li, D. et. al. (2018)*.

Conceptos a Nivel de ala (3D)

- Las configuraciones 3D son la extensión variable, mecanismos de plegado de alas, modificar el barrido y la envergadura del ala para optimizar su desempeño en las diferentes condiciones del vuelo como el despegue, crucero y aterrizaje.

Conceptos de transformación específicos

- El desarrollo de conceptos de transformación específicos para problemas de diseño destacando la multitud de soluciones son desarrolladas en respuesta a impulsores de diseño comunes (rendimiento, control de vuelo y balanceo etc.) *Li, D. et. al. (2018)*.

- La transformación en el borde de ataque normalmente se usan mecanismos llamados “*slats*” (son superficies aerodinámicas que se colocan en el área de ataque y cuando se despliegan permiten que el ala opere en un ángulo de ataque mayor) los cuales se despliegan para lograr un coeficiente de elevación más alto que el que se puede lograr una configuración de ala limpia (esta configuración es cuando un avión retrae su equipo externo para minimizar la resistencia al aire). La Figura 1 muestra la configuración inteligente “Smart droop-nose”, SADE (*Smart High Lift Devices for Next Generation Wings*), fue investigada, fue investigada una configuración de nariz inteligente *Monner, H.et. al. (2012)*. Con las pruebas realizadas tanto experimentales como simulaciones al segmento de ala en 3D determinaron un concepto y un método de diseño factibles. Las desviaciones identificadas de la forma deseada se atribuyeron a las tolerancias de fabricación *Monner, H. et. al. (2012)*

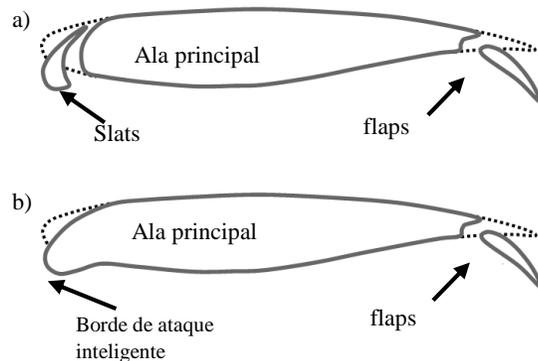


Figura 1. a) Configuración convencional, b) Configuración Smart droop *Monner, H. et. al. (2012)*

- Los robots aéreos bio-inspirados nos brindan una gran cantidad de perfiles aerodinámicos que pueden ser utilizados para múltiples objetivos de misiones como el Micro Vehículo Acuatico Aereo (AquaMAV) el cual nos da un diseño de ala con la posibilidad de retraerse para hacer inmersiones bajo el agua este fue inspirado en la forma de buceo de las aves acuáticas Sulidae (figura 4). Las pruebas realizadas en el túnel de viento demostraron que esta ala plegable tiene un buen comportamiento en condiciones de crucero a pesar de las limitantes de diseño generadas por el mecanismo de plegado, es capaz de disminuir en gran medida su sustentación y arrastre al cambiar la forma lo que permite que el vehículo se sumerja de forma suave desde el vuelo. *Siddall, R.et. al. (2017).*



Figura 2 Fuselaje AquaMAV inspirado en las aves sulidae
Siddall, R. et. al. (2017).

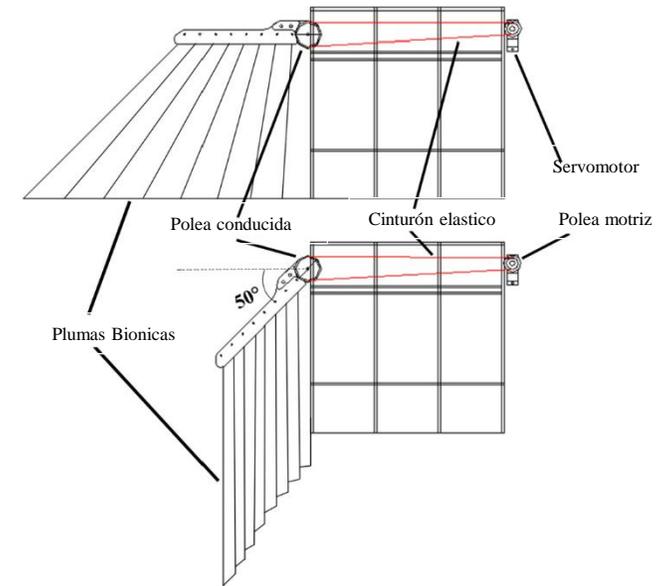
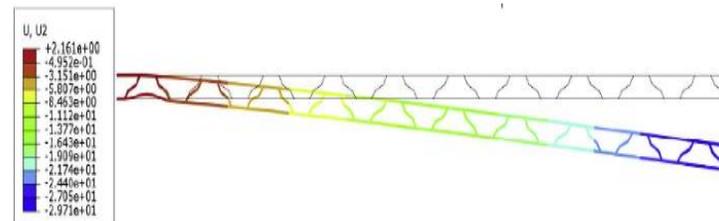


Figura 3, Ala morphing bio-inspirada en una paloma *Zhe, H. et. al. (2019)*

Modelado y Analisis de alas morphig

- A nivel de componentes de análisis de estructuras generalmente hay dos métodos: el método de homogeneización analítica y método de elemento finitos(FEM). La optimización de la forma de ondulación para un mejor rendimiento de la superficie basada en elementos de haz delgado en 2D.
- Se logro un modelo homogeneizado teniendo en cuenta que la relación entre el módulo de Young del revestimiento y el del núcleo corrugado compuesto, y mediante el método de elementos finitos para vigas delgadas se logró obtener una ala flexible pero lo suficientemente rígida lo cual permite que cambie de forma y al mismo tiempo soporte las cargas aerodinámicas *Ermakova, A. et. al.(2017)*.



- Figura 4. Flexión de la superficie ondulada revestida en base a los elementos delgados de la viga *Ermakova, A. et. al.(2017)*.

- Los métodos lineales se basan en la teoría de flujo potencial y son los adecuados para superficies de elevación delgada en ángulos de ataque pequeños, para simular el comportamiento aerodinámico constantemente utilizado en el diseño de optimización de alas morphing. El software “XFOIL” es un solucionador computacional para perfiles aerodinámicos en 2D que combina un método de panel no viscoso con una formulación de capa límite para predecir el momento de elevación, arrastre y cabeceo de perfiles aerodinámicos en flujos viscosos *Drela, M. et. al.(1989)*. Utilizando “XFOIL” para realizar simulaciones 2D de flujo constante rápidas y relativamente precisas de diferentes configuraciones transformadas utilizando un ala morphing *Lafountain, C. et. al. (2012)*. Al realizar una comparación de un método lineal, “XFOIL”, con el solucionador de CFD de código abierto “OpenFOAM”, se encontró que “XFOIL” proporciona predicciones de rendimiento aerodinámico muy similares a “OpenFOAM”, pero a una fracción del costo computacional incurrido por el solucionador de CFD *Woods, B. et. al.(2014)* y *Li, D. et. al. (2018)*.



Conclusiones

Las alas de tipo morphing pueden mejorar el rendimiento aerodinámico en general de un aeronave, estas tecnologías son muy prometedoras para aeronaves grandes. El control del ala durante el vuelo como lo hace un ave mejora naturalmente la eficiencia aerodinámica, así como la mejora en la quema de combustible y las emisiones generadas. Existe una gran cantidad de trabajos que proponen conceptos novedosos como algunos mostrados en esta investigación, otros se han podido implementar en aeronaves grandes y en proyectos en escala real lo cual permite a los investigadores poner a prueba nuevas tecnologías.

Sin embargo, aún hay una gran cantidad de experimentos llevados a escala en vehículos aéreos no tripulados esto se debe a que los conceptos deben llevarse desde el nivel de material comprendiendo hasta el desarrollo de nuevas tecnologías, estos también brindan una plataforma experimental de bajo costo adecuado para tecnologías poco convencionales.

Referencias

- Daochun Li, Shiwei Zhao, Andrea Da Ronch, Jinwu Xiang, Jernej Drofelnik, Yongchao Li, Lu Zhang, Yining Wu, Markus Kintscher, Hans Peter Monner, Anton Rudenko, Shijun Guo, Weilong Yin, Johannes Kirn, Stefan Storm & Roeland De Breuker. (2018). A review of modelling and analysis of morphing wings. Progress in Aerospace Sciences, 100, 46-62. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2018.06.002>.
- Hans Peter Monner, Johannes Riemenschneider, Markus Kintscher (2012), Groundtest of a Composite Smart Droop-nose, 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference. <https://doi.org/10.2514/6.2012-1580>
- [Siddall Robert](http://doi.org/10.1098/rsfs.2016.0085), [Ortega Ancel Alejandro](http://doi.org/10.1098/rsfs.2016.0085) and [Kovač Mirko](http://doi.org/10.1098/rsfs.2016.0085) 2017ind and water tunnel testing of a morphing aquatic micro air vehicle Interface Focus.7 <http://doi.org/10.1098/rsfs.2016.0085>
- Zhe Hui, Yang Zhang & Gang Chen,. (2019). Aerodynamic performance investigation on a morphing unmanned aerial vehicle with bio-inspired discrete wing structures. Aerospace Science and Technology, 95 <https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.105419>
- A. Ermakova, I. Dayyani,. (2017). Shape optimisation of composite corrugated morphing skins. Compos, Part B Eng. 115, 87–101 <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.10.029>
- M. Drela, XFOIL: an Analysis and Design System of Low Reynolds Number Aerofoils vol. 54, Springer-Verlag, 1989, pp. 1–12. https://doi.org/10.1007/978-3-642-84010-4_1
- Woods, B. K., Bilgen, O., & Friswell, M. I. (2014). Wind tunnel testing of the fish bone active camber morphing concept. Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 25 ,772–785. <https://doi.org/10.1177/1045389X14521700>
- Lafountain C., Cohen K. and Abdallah S. (2012), Use of XFOIL in design of camber-controlled morphing UAVs. Comput. Appl. Eng. Educ., 20 673-680. <https://doi.org/10.1002/cae.20437>



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)