

APROXIMACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS

*“No manipules tus datos, pues ellos podrían estar correctos”
– Wilbur Wright*

CASO DE ESTUDIO: AERONÁUTICA

El final del Siglo XIX e inicio del Siglo XX vio una carrera contra el tiempo de varios grupos de investigación para lograr el primer vuelo controlado de un aeroplano. Los principales contendores estaban Samuel Pierpont Langley, Alexander Graham Bell, y los hermanos Orville y Wilbur Wright. Langley se dedicó al problema de la propulsión, desarrollo de motores y la potencia requerida para el vuelo. Graham Bell estudió la estructura del fuselaje, proponiendo la utilización de tetraedros para construir un fuselaje estable. Los hermanos Wright trabajaron mucho en la componente de balance de fuerzas, el peso del aeroplano y de la fuerza de sustentación requerida.

A pesar de la eminente competencia, los hermanos Wright fueron los primeros en realizar un vuelo controlado de un aeroplano; pero ¿por qué? Se revisará uno de los muchos problemas técnicos que se tuvieron que resolver para conseguir el primer vuelo controlado cuando se estudiaba el rendimiento del ala (Fig. 2, Fig. 3), precursora de las alas más modernas codificadas por el Comité Consultivo Nacional de Aeronáutica-NACA (Fig. 4):

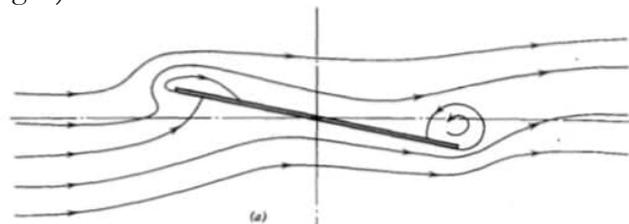


Figura 2: Ala plana [2].

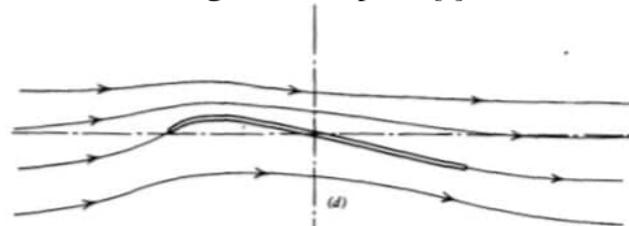


Figura 3: Ala curvada [2].

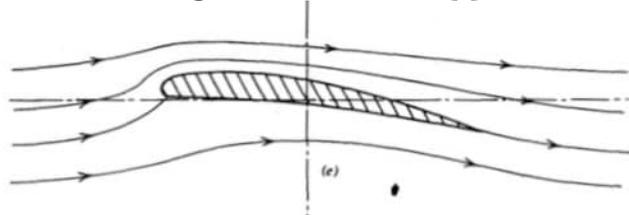


Figura 4: Ala NACA1408 actual [2].

Las características de estas alas eran estudiadas mediante sus curvas de coeficiente de sustentación C_t , el coeficiente de momento C_m , y el coeficiente de arrastre, todos medidos en función del ángulo de ataque α , es decir, la inclinación del ala respecto a la horizontal.

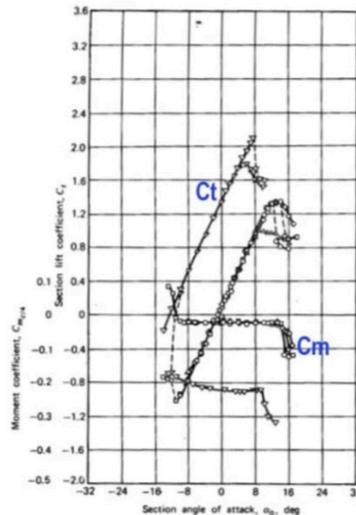


Figura 5: Características del ala curvada, NACA1408 [2]

Como se observa en Fig. 5, el coeficiente de sustentación C_t , se comporta de manera lineal durante la mayor parte de los ángulos de ataque medidos. La forma curvada del ala hace que, aun a 0° , el coeficiente de sustentación sea positivo, mientras que es necesario un ángulo negativo para lograr una sustentación de cero. Aun era desconocido para la época que, al alcanzar un cierto ángulo de ataque, el flujo en la parte posterior del ala empieza a separarse de la misma y a formar turbulencias (Fig. 6). Esta turbulencia incrementa el coeficiente de arrastre, disminuyendo gradualmente la sustentación.

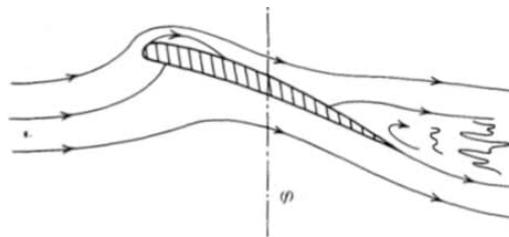


Figura 6: Turbulencia al final del ala; depende del ángulo de ataque y el número de Reynolds

Luego de alcanzar el punto máximo, la sustentación gradualmente cae a cero cuando el ángulo de ataque llega a los 90° . El grupo de trabajo de S. P. Langley notó esta pequeña disminución de C_t luego del máximo, pero decidió elegir una curva muy alisada (“suave”) a través de sus datos. Para los hermanos Wright, esta curva tenía un máximo y, por lo tanto, un ángulo en el cual el ala produce una máxima sustentación. Según se evidencia por una conferencia dictada en 1901 [2], los hermanos Wright ya sabían que el ala curvada era mejor que el ala plana, y que los ángulos de ataque mejores estaban en un intervalo entre 5 y 12 grados

Cuando los hermanos Wright vieron el trabajo de Langley, notaron que sus datos también mostraban la región de cambio de función creciente a decreciente, lo cual indicó que Langley no ajustó bien la curva a sus datos. Como escribiría Wilbur Wright al ingeniero Octave Chanute, el 1 de diciembre de 1901:

“Si Langley hubiera atendido a sus observaciones, su curva habría estado probablemente más cerca de la verdadera. A mí también se me hace muchas veces difícil dejar que las líneas sigan su curso, en lugar de hacerlas pasar por donde yo creo que deben pasar. Mi conclusión es que es mucho más seguro seguir las observaciones exactamente como son, y que sean otros los que añadan sus propias correcciones si desean. [3]”



PROYECTO

TÉRMINO I 2020 – 2021

El 17 de diciembre de 1903, los hermanos Wright lograron con éxito el primer vuelo controlado de la historia. Lejos de ser un golpe de suerte, ellos habían construido un túnel de viento, y probado muchos diseños de alas, simulado vuelos mediante cometas; midiendo de manera metódica y obteniendo conclusiones con estricto apego al método científico. Los vuelos que Langley programó para octubre y diciembre de 1903 se precipitaron a tierra “como un saco de cemento” [4].

Aplice los métodos de aproximación por mínimos cuadrados, para obtener una expresión que permita calcular el coeficiente C_t según el ángulo de ataque, para el ala NACA1408 según los datos descritos en el archivo Excel adjunto, obtenido de [5] y [6]. Pruebe con polinomios de grado 1, 2, 3, 4 y 5; y responda a las cuestiones planteadas en los entregables. En caso de ser de su interés, datos con otros números de Reynolds están disponibles en [7]; mientras que un calculador del Reynolds es asequible en [8].

Nota: Los datos se proveen en el archivo adjunto: Proyecto2020_Grupo1_Datos.

REFERENCIAS:

- [1] Grossman, S: Aplicaciones del Álgebra Lineal, Grupo Editorial Iberoamérica, México DF, pp. 124-132. México.
- [2] McCormick, B. W: Aerodynamics, Aeronautics and Flight Mechanics, Wiley & Sons, New York, pp. 63-79.
- [3] MacFarland, M. W: The papers of Wilbur and Orville Wright, including the Chanute-Wright letters. MacGraw-Hill, New York, 1953.
- [4] Hansen, Liane: The race for flight. The National Public Radio, 2003. Recuperado en <https://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=1469463> .
- [5] Abbott, I. H., Von Doenhoff, A., and Stivers Jr., L. S: Summary of Airfoil Data. Report No. 824. National Advisory Committee for Aeronautics (NACA), 1945.
- [6] Airfoil Tools: NACA 1408 Xfoil prediction polar with Reynold number 500000. Recuperado <http://airfoiltools.com/polar/details?polar=xf-naca1408-il-500000>
- [7] Airfoil Tools: NACA 1408 <http://airfoiltools.com/site/search?cx=partner-pub-2601928470036827%3A5136476429&cof=FORID%3A10&ie=UTF-8&q=NACA+1408&sa=Search&siteurl=airfoiltools.com%2Fairfoil%2Fdetails%3Fairfoil%3Dn0012-il&ref=&ss=0j0j1> .
- [8] Airfoil Tools: Reynolds Number Calculator. Recuperado de: <http://airfoiltools.com/calculator/reynoldsnumber>

NOTA: Es lícito apoyarse en la tecnología: si utiliza un software o calculadora (Matlab®, Python, Excel, etc), o algún sitio web de resolución de matrices (Geogebra, etc), debe ser indicado en el documento: planteando la fórmula teórica, indicando lo que se utilizó para resolver esa ecuación y escribiendo el resultado directamente. Así, para cada una de las ecuaciones resueltas. Si consultó un libro o artículo, se debe incluir en una sección Bibliografía o Referencias del documento.

