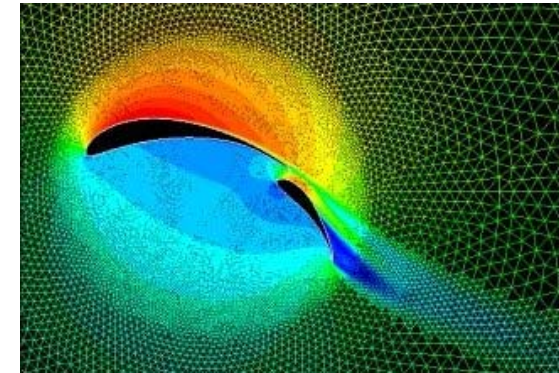
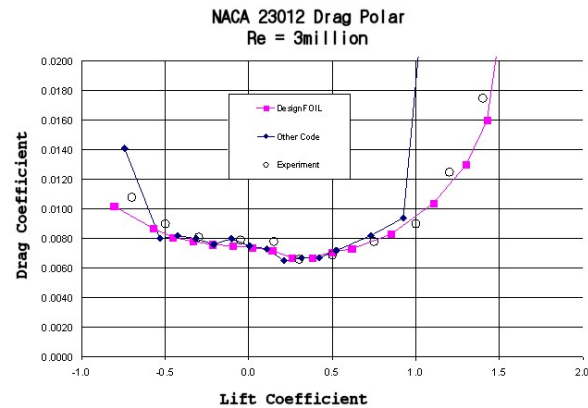
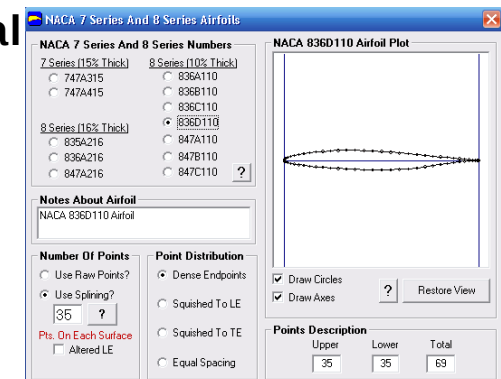
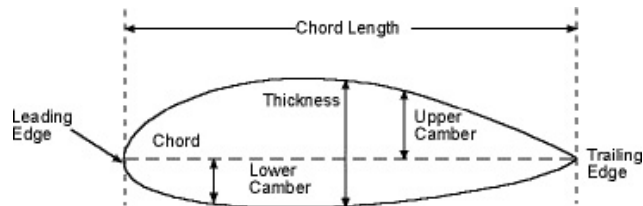




Introducción a los Perfiles NACA

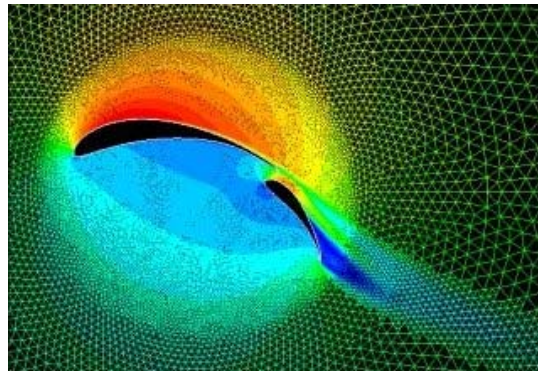
Sergio Esteban Roncero
Departamento de Ingeniería Aeroespacial
Y Mecánica de Fluidos



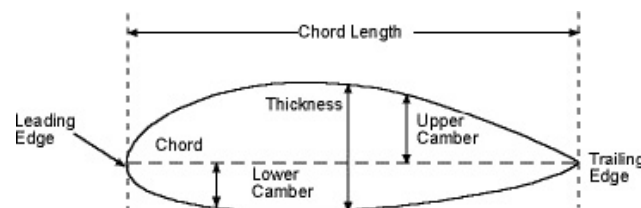
Perfiles NACA y Software

- Los perfiles NACA son una serie de perfiles que fueron creados por la NACA ([National Advisory Committee for Aeronautics](#)) se engloban según sus características:

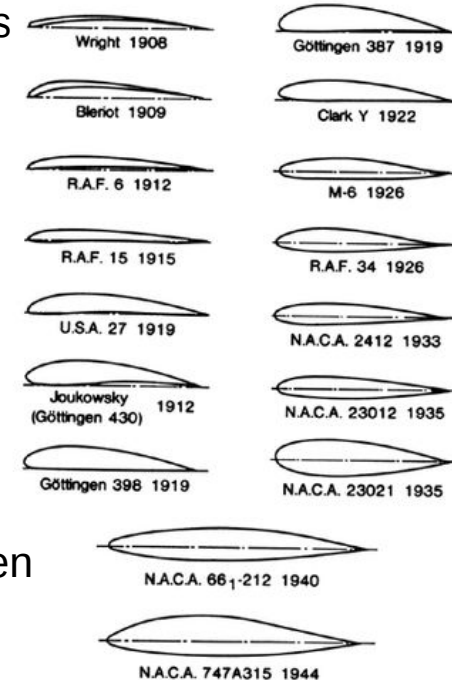
- 1 Four-digit series
- 2 Five-digit series
- 3 Modifications
- 4 1-series
- 5 6-series
- 6 7-series
- 7 8-series



- Información detallada sobre las características de los perfiles en programas y bases de datos:



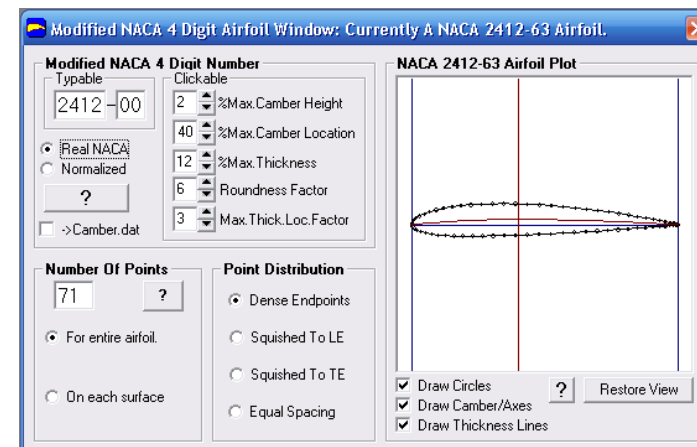
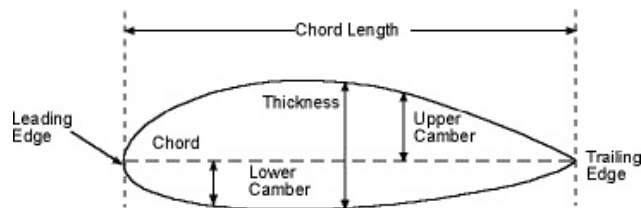
With a View to Practical Solutions



The historical evolution of airfoil sections, 1908-1944. The last two shapes (N.A.C.A. 661-212 and N.A.C.A. 747A315) are low-drag sections designed to have laminar flow over 60 to 70 percent of chord on both the upper and the lower surface. Note that the laminar flow sections are thickest near the center of their chords.

4 Series

- Primer dígito describiendo la curvatura máxima como porcentaje de la cuerda (% c).
- Segundo dígito describiendo la distancia de máxima curvatura desde el borde de ataque en 1/10 del porcentaje de la cuerda.
- Dos últimos dígitos describiendo el máximo espesor como % de la cuerda.
- Ejemplos
 - NACA 2412
 - Máxima curvatura al 2%
 - Máxima curvatura localizada al 40% (0.4 cuerdas) del borde de ataque
 - Máximo espesor del 12% de la cuerda
 - NACA 0015
 - Perfil simétrico (00)
 - Máximo espesor del 15% de la cuerda
- Perfiles de la serie Four-digit tienen por defecto un valor máximo de espesor del 30% de la cuerda.



5 Series

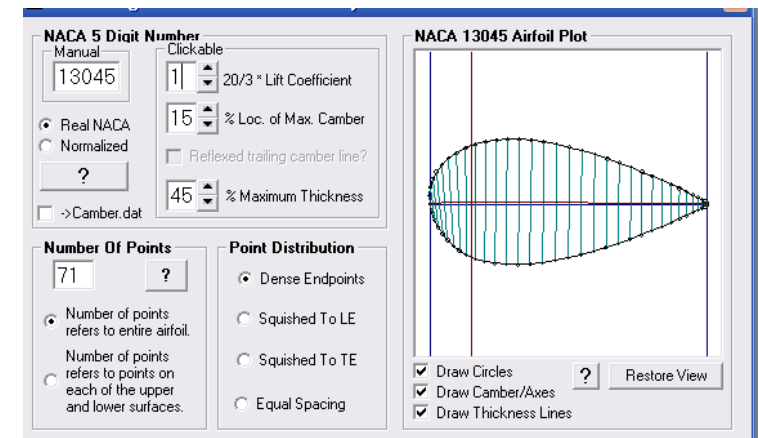
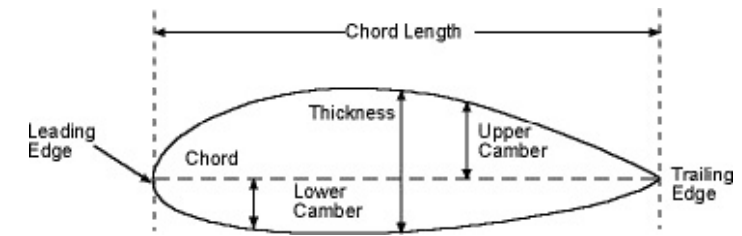
- La serie NACA five-digit describe perfiles mucho más complejos:
 - 1^{er} dígito, cuando es multiplicado por 0.15, da el coeficiente de sustentación por sección (*section lift coefficient*).
 - 2 dígitos, que cuando divididos por 2, give p , que es la distancia de máxima curvatura desde el borde de ataque como % de la cuerda.
 - 2 dígitos – máxima curvatura del perfil (% de la cuerda).

Ejemplo

- Perfil NACA 12345
 - Coeficiente de sustentación $C_l = 0.15$,
 - Curvatura máxima 0.115 c desde el borde de ataque
 - Curvatura máxima 0.45 de la cuerda
- Perfiles de la serie Five-digit tienen por defecto un espesor máximo en el 30% de la cuerda
- La línea que define la curvatura se define

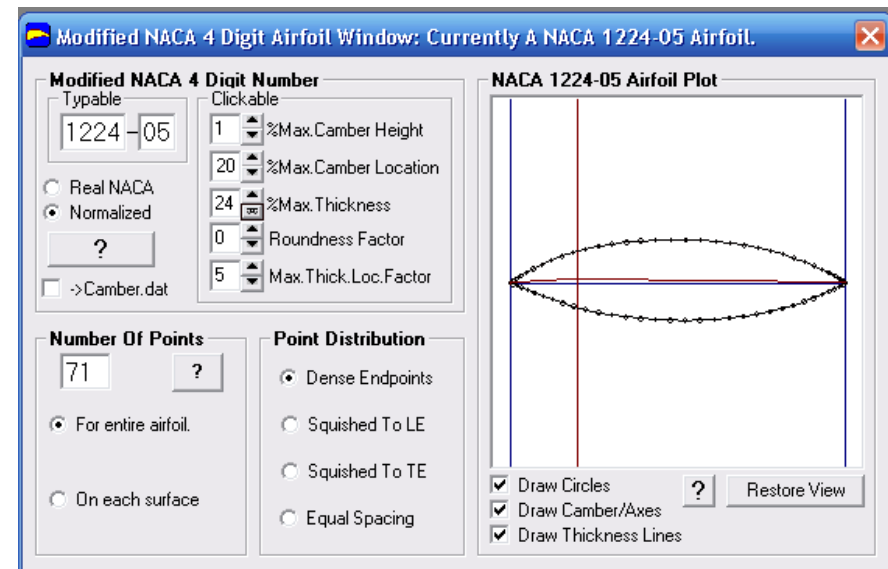
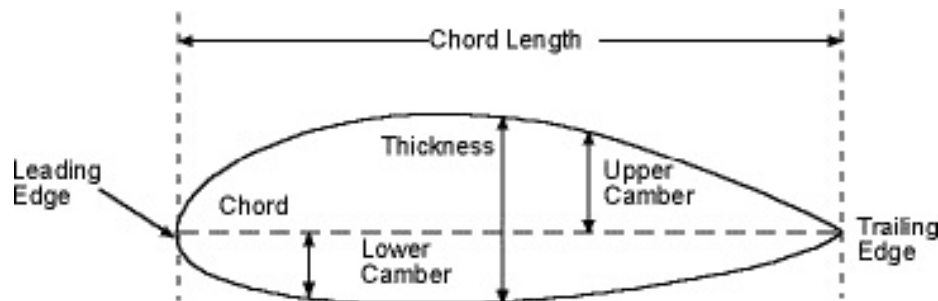
$$y = \begin{cases} \frac{k_1}{6} \{x^3 - 3mx^2 + m^2(3-m)x\}, & 0 < x < m \\ \frac{k_1 m^3}{6} (1-x), & m < x < 1 \end{cases}$$

- Donde las ordenadas x e y han sido normalizadas por la cuerda
- m es elegida tal que la curvatura máxima ocurra en $x=p$
 - Para 230 camber-line,
 - $p = 0.3 / 2 = 0.15$
 - $m = 0.2025$.



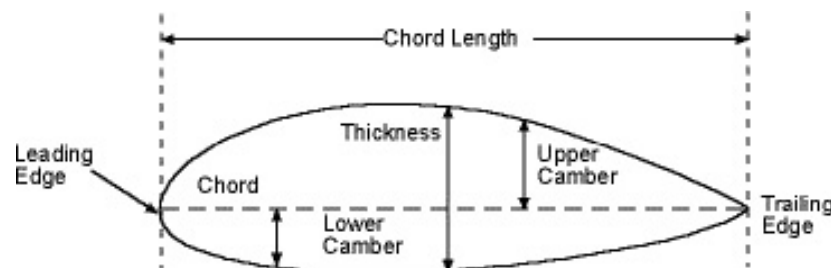
Modificaciones en 4 y 5 Series

- Las series de perfiles Four-digit y five-digit se pueden modificar mediante un código de dos dígitos precedidos por un guión:
 - El primer dígito describe la “redondez” del borde de ataque
 - Siendo 0 un borde afilado 0
 - Siendo 6 el mismo borde que el perfil original
 - Valores superiores indicando un borde de ataque con más redondez que el original.
 - El segundo dígito describe la distancia de máximo espesor desde el borde de ataque en 1/10 de % de la cuerda.
- NACA 1234-05
 - NACA 1234 con un borde de ataque afilado
 - Máximo espesor a 50% of la cuerda.



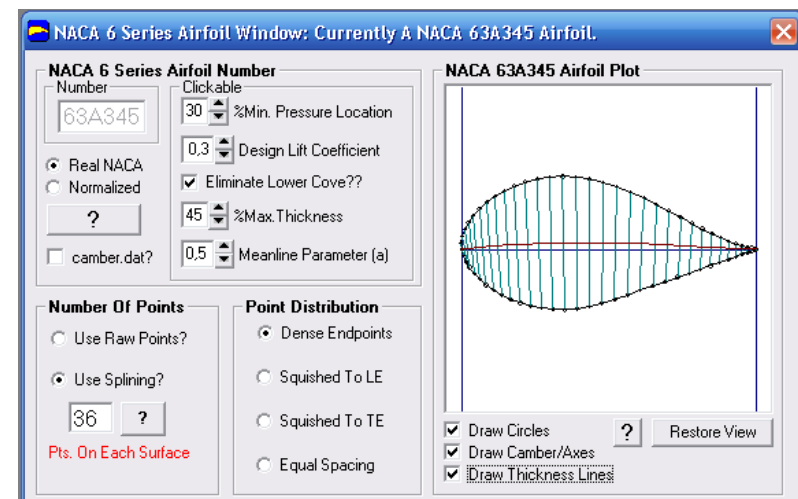
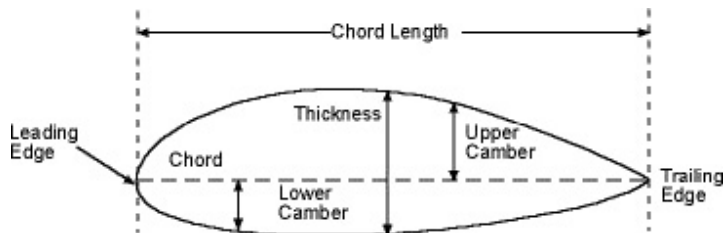
1-Series

- En los años 1930 se utilizó un nuevo enfoque para el diseño de los perfiles en el cual la forma del perfil se derivaba matemáticamente a partir de las características de sustentación deseadas
- Previamente, multitud de perfiles fueron creados, y sus características fueron medidas en túneles de viento.
- Los perfiles de la 1-series se describen:
 - El 1 describe la serie
 - 2º dígito describe la distancia en la que se encuentra la zona de mínima presión en 1/10 de % de cuerda.
 - 3º dígito (precedido de un guión) describe el coeficiente de sustentación en 1/10.
 - 2 dígitos describiendo el máximo espesor en 1/10 del % de la cuerda.
- Perfil NACA 16-123
 - Zona de mínima presión en el 60% de la cuerda
 - $C_l = 0.1$
 - $t_{\max}$ del 23% de la cuerda



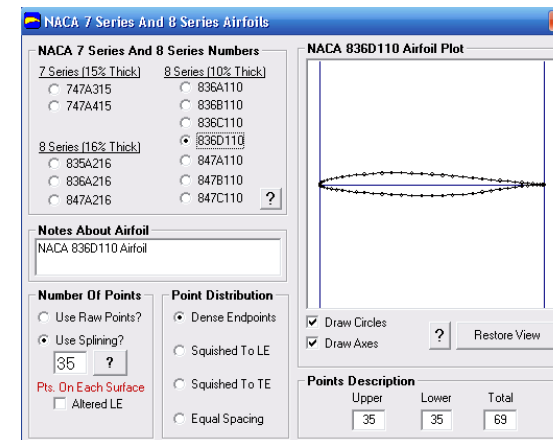
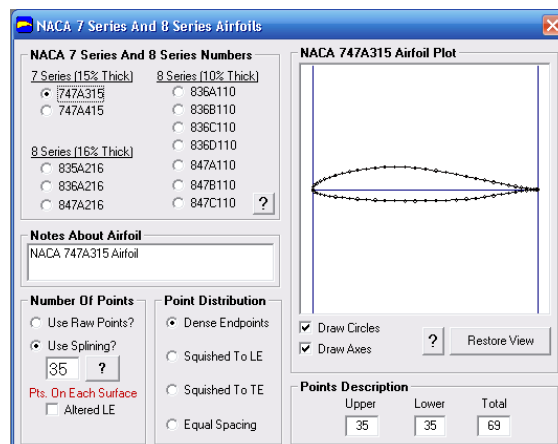
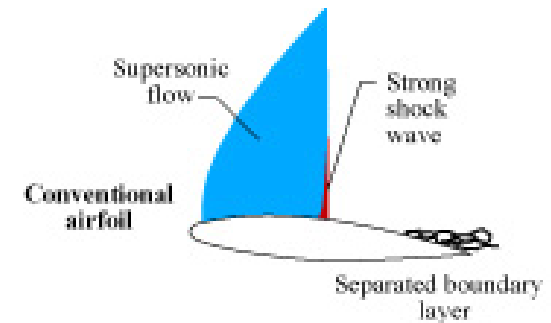
6-Series

- Es una mejora sobre la 1-series con énfasis en maximizar el flujo laminar.
 - El número "6" indica la serie.
 - 2º dígito describe la distancia en la que se encuentra la zona de mínima presión en 1/10 de % de cuerda.
 - 3er dígito (normalmente en forma de subíndice) describiendo que la resistencia se mantiene baja tantas décimas por debajo y por arriba del coeficiente de sustentación especificado (4º dígito).
 - 4º dígito (precedido de un guión) describe el coeficiente de sustentación en 1/10.
 - 2 dígitos describiendo el máximo espesor en 1/10 del % de la cuerda
 - "a=" seguida de un décima describiendo la fracción de la cuerda sobre la que el flujo laminar se mantiene
 - Si no se da ningún valor se asume que por defecto $a=1$.
- NACA 61₂-345 $a=0.5$
 - Zona de mínima presión en el 10% de la cuerda
 - Mantiene baja resistencia 0.2 por encima y por debajo del coeficiente de sustentación
 - Máximo espesor en el 45% de la cuerda
 - Mantiene flujo laminar sobre el 50% de la cuerda



7 Y 8 Series

- Mejoras adicionales para maximizar el flujo laminar mediante la identificación de las zonas de baja presión de tanto el extradós como el intradós:
 - El número "7" indica la serie.
 - 2º dígito describe la distancia de presión mínima en el extradós en 1/10 del % de la cuerda.
 - 3er dígito describe la distancia de presión mínima en el intradós en 1/10 del % de la cuerda.
 - Una letra refiriéndose a un perfil estándar de series NACA previas.
 - 4º dígito describiendo el coeficiente de sustentación en 1/10.
 - 2 dígitos describiendo el máximo espesor en 1/10 del % de la cuerda.
- NACA 712A345
 - área de mínima presión al 10% de la cuerda en el extradós
 - área de mínima presión al 20% de la cuerda en el intradós
 - $C_l = 0.3$
 - Espesor máximo del 45% de la cuerda.
- La Serie 8 : se diseñaron para maximizar de forma independiente el flujo laminar en el extradós y el intradós



Ejemplo de Base de Datos

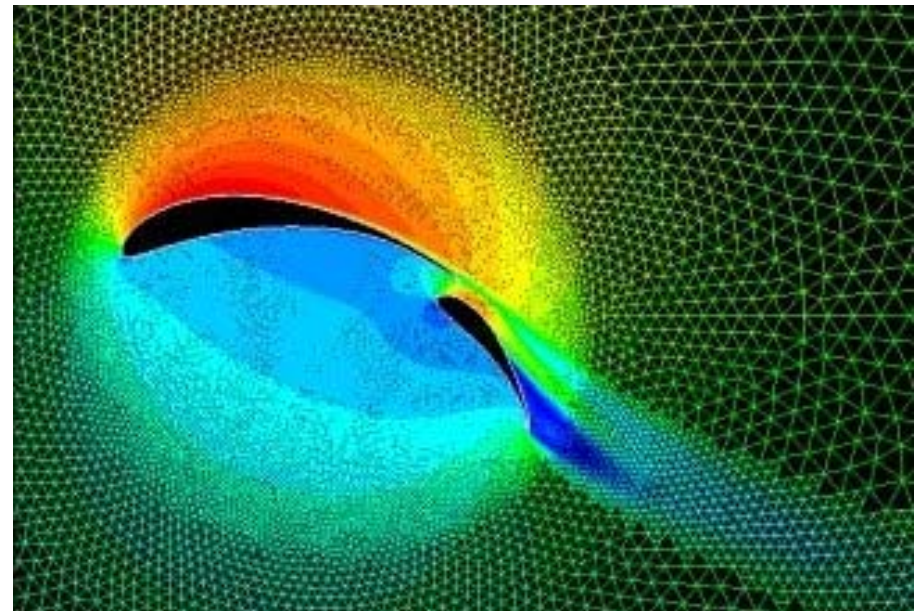
- UIUC Airfoil Data Site

- <http://www.ae.uiuc.edu/m-selig/ads.html>
- Michael Selig
Department of Aerospace Engineering
University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Illinois 61801
- Software y bases de datos sobre información de perfiles.



- The Incomplete Guide to Airfoil Usage

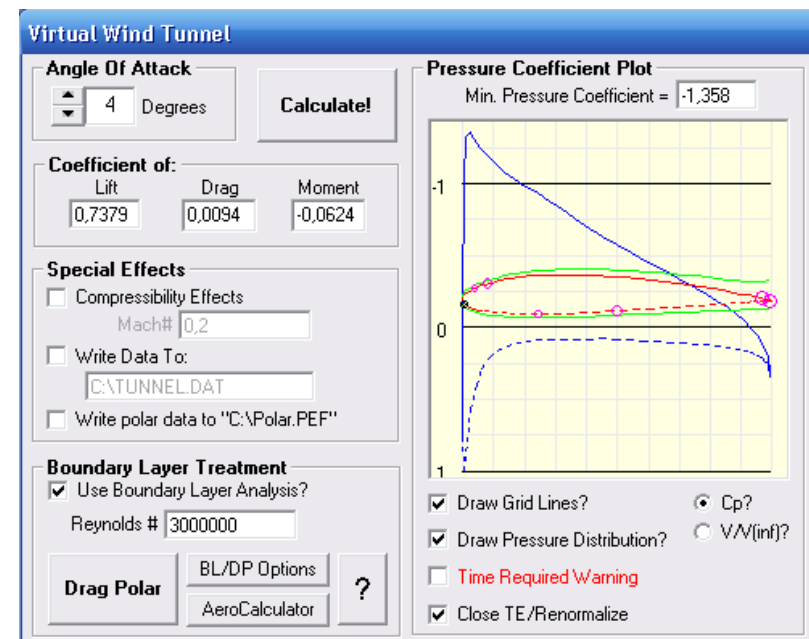
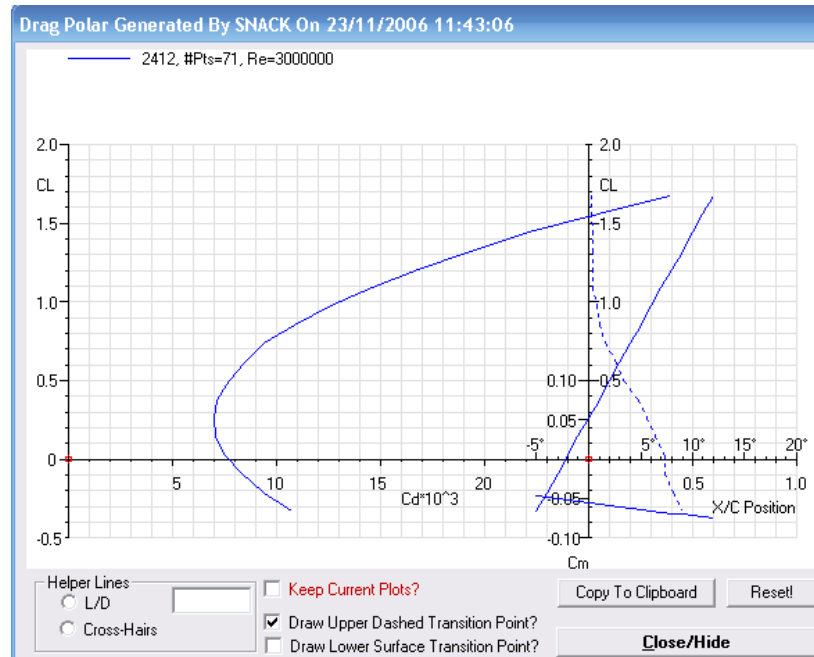
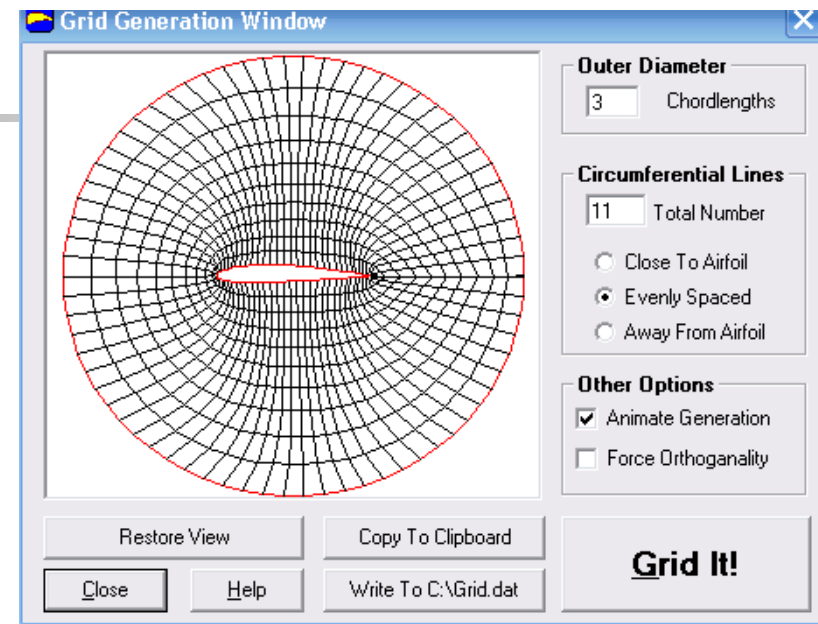
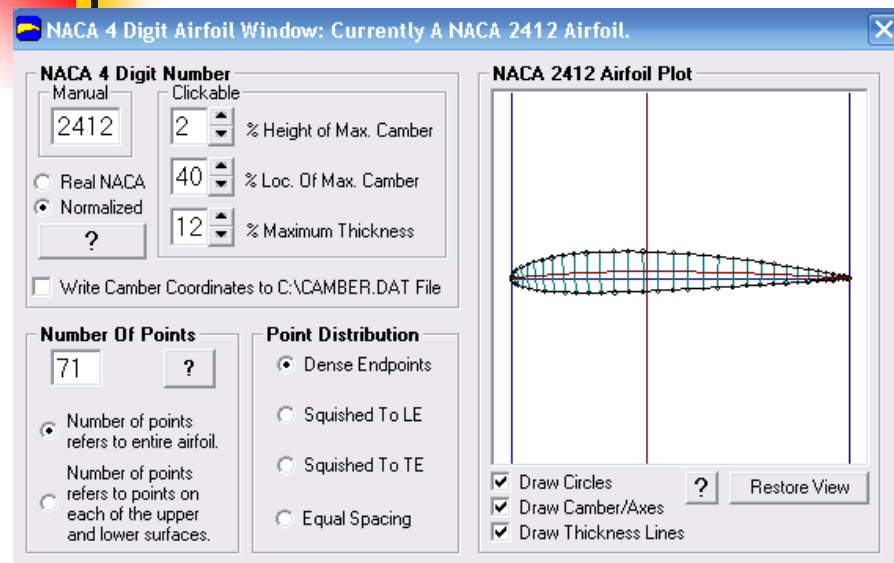
- <http://www.ae.uiuc.edu/m-selig/ads/aircraft.html>
- David Lednicer
Analytical Methods, Inc.
2133 152nd Ave NE
Redmond, WA 98052
dave@amiwest.com



Ejemplo de Programa

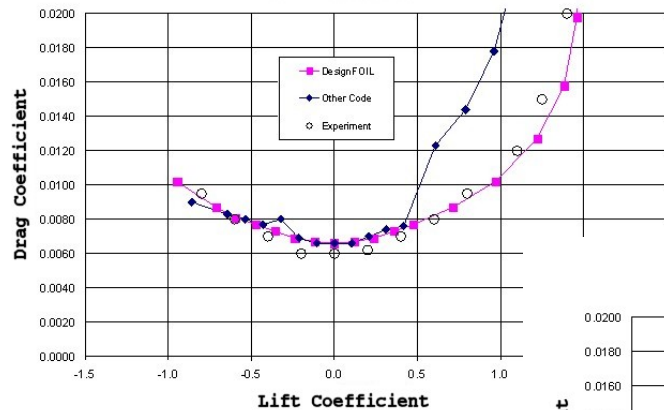
- Ejemplo:
 - SNACK. El cual parte del paquete DesignFOIL (\$179)
- Propiedades SNACK
 - The **pressure distribution** is obtained using a proprietary **panel method** developed over the last five years.
 - Implement the panel method via the linearly varying strength vortex across each panel.
 - After enforcing the boundary conditions of tangential velocity and the trailing edge Kutta condition, the final velocity distribution (and therefore the C_p distribution) is obtained by solving the matrix of equations.
 - The **boundary layer calculations** are based on **integral method theory**.
 - Integral methods involve backing out the **boundary layer shape** from the given **pressure distribution**.
 - The **laminar flow portion** is based on the approximation method developed by **von Karman & Pohlhausen**.
 - The **turbulent flow** is modeled on methods similar to that of the laminar flow; the approximation method attributed to **Buri**.
 - The **drag coefficient** is obtained using the **Squire-Young method** based on **momentum boundary layer thickness**.



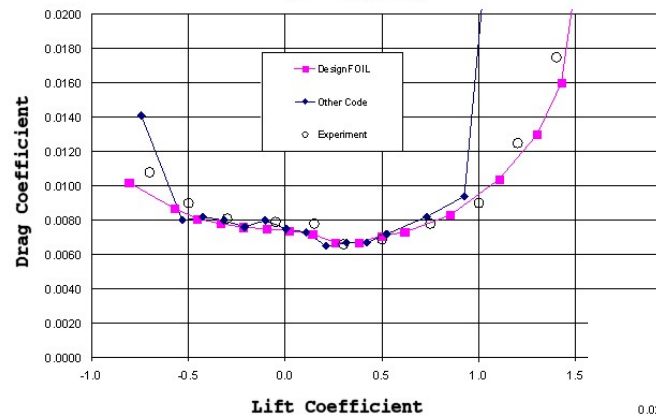


Comparativas

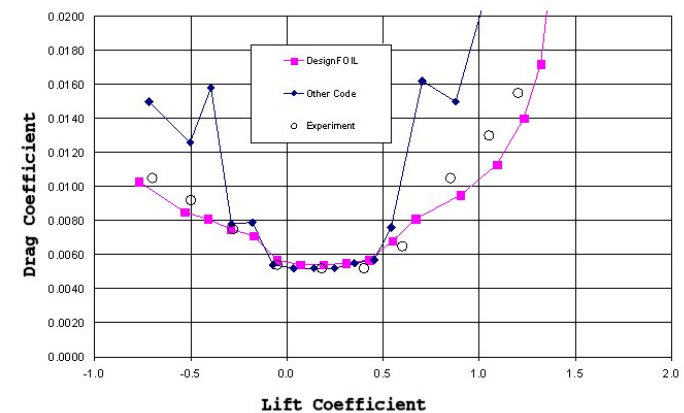
NACA 0012 Drag Polar
Re = 3million

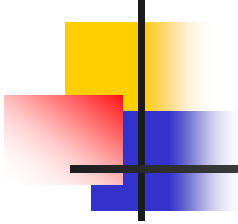


NACA 23012 Drag Polar
Re = 3million



NACA 64-215 Drag Polar
Re = 3million





Bibliografía

- UIUC Airfoil Data Site <http://www.ae.uiuc.edu/m-selig/ads.html>
- Design Foil, Dreesse Code, Software, LLC, <http://www.dreesecode.com/>