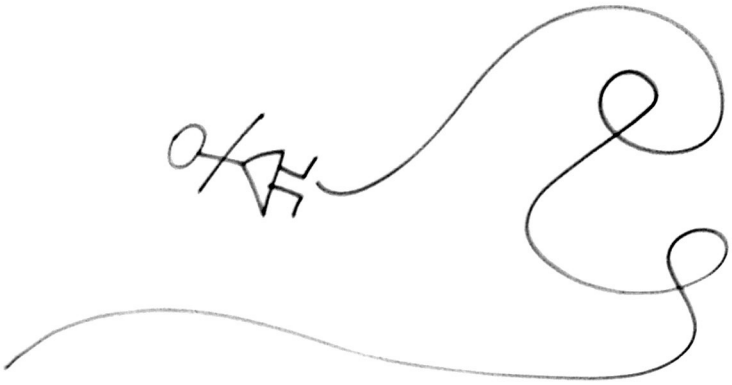
Coeficientes Aerodinamicos Cl Cd Cm

con un aprofondimiento de Cm al respecto de la estabilidad de vuelo

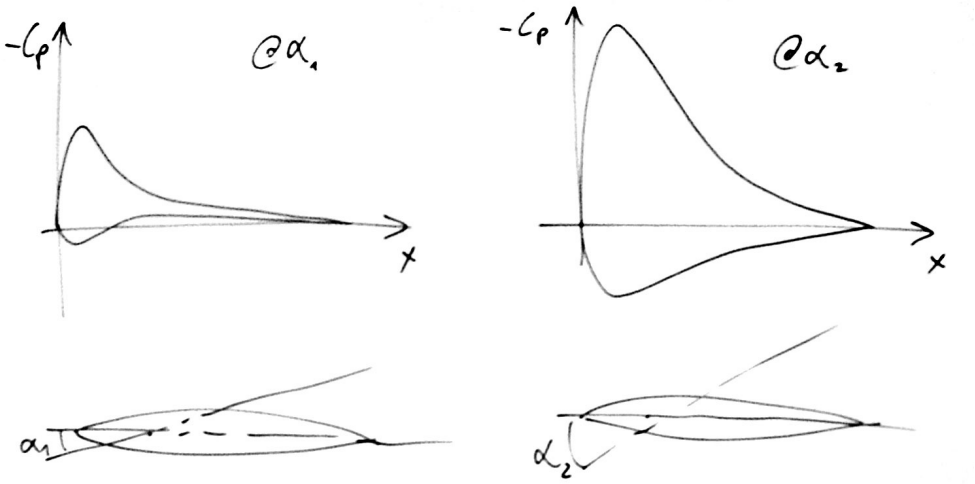
Asi entenderà Ud. los coeficientes aerodinamicos al terminar las paginas siguientes



Complemento al curso "Prototipacion de Articulos Volantes"
Magister Tecnologias en Diseno
Universidad Andres Bello, Santiago, Chile
II semestre 2006

Marco Testi Schnaidt
www.karenfuxia.com

Un perfil submergido con un angulo de ataque a en un flujo fluido recibe presiones a lo largo de todo su perimetro. Al variar de la velocidad, la densidad y la viscosidad del fluido, al variar de la dimencion del perfil, al variar de a y de la forma del perfil, la distribucion de presion cambia. Por lo siguiente, se examineran los contributos de las dos ultimas variables.
Experimentalmente o computacionalmente se traza un grafico donde al eje x se relaciona la posicion a lo largo de la cuerda del perfil, y al eje y se relaciona una cantidad llamada coeficiente de presion Cp, indicativa de la presion o depresion presente en el perimetro del perfil a la posicion x. Se trazan dos curvas, una relativa al intrados del perfil (lado inferior) y otra relativa al extrados

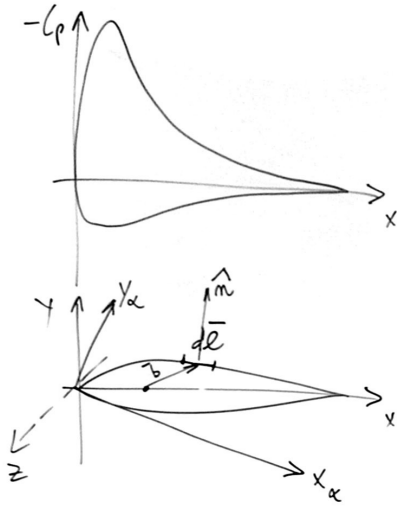


- distrubuciones de Cp por el mismo perfil a dos a distintos. La curva superior se refiere al extrados

Una presion multiplicada por la surfaz donde actua es una fuerza. Una fuerza multiplicada por un brazo de palanca al respecto de un polo/axis es un momiento de fuerza al respecto del polo/axis.
Un coeficiente es una cantidad adimencional que se presta mejor al tratamento analitico.
Trabajando con coeficiente de presion, se obtienen correspondientes coeficientes de fuerza y momiento.
Los coeficiente en argumento son :

- Cl, coeficiente de sustentacion, indicativo de la fuerza sobre el perimetro del perfil *perpendicular* al flujo
- Un tipo de Cd, coeficiente de resistencia, indicativo de la fuerza *paralela* al flujo
- Cm, coeficiente de momiento, indicativo del momiento de fuerza al respecto de un polo. Por default el polo es al 25% de la cuerda del perfil a partir del borde de ataque. Dicho Cm se indica con Cm_{ac} o simplemente Cm

Siguen las expresiones analiticas de los tres :

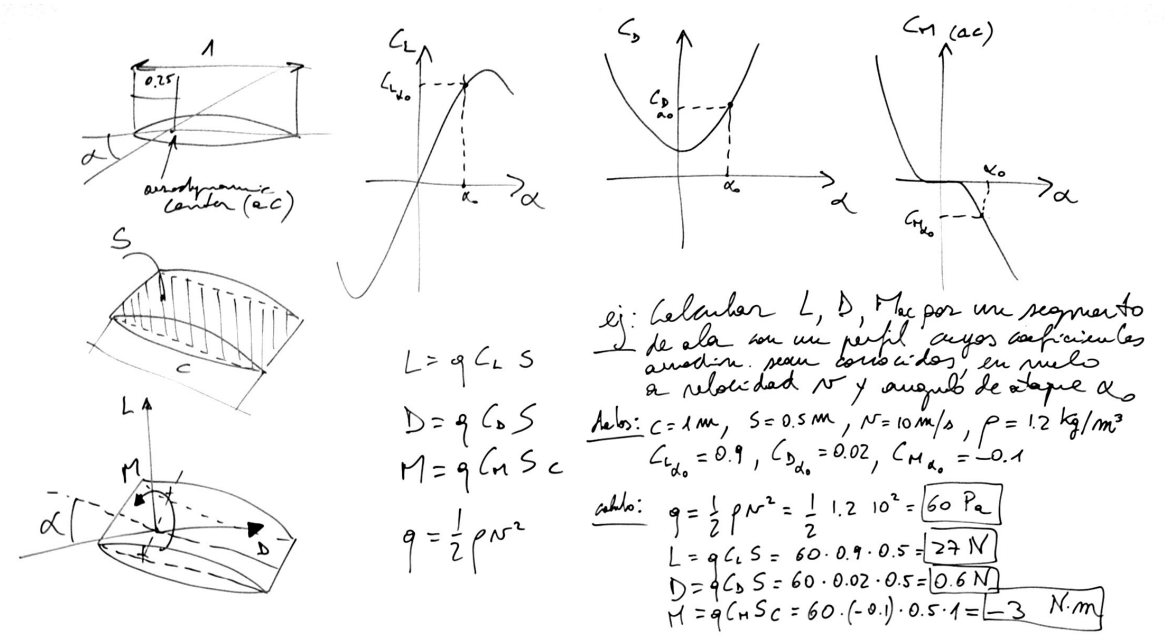


$$C_L = \hat{y}_\alpha \cdot \oint C_p \, d\bar{l}$$

$$C_D = \hat{x}_\alpha \cdot \oint C_p \, d\bar{l}$$

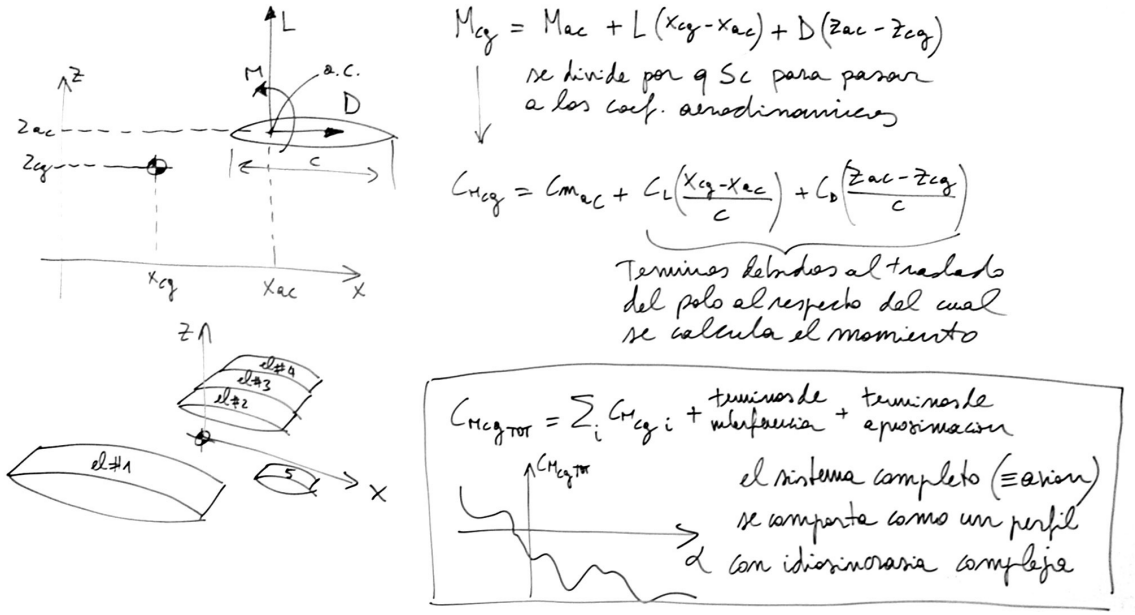
$$C_M = \hat{z} \cdot \oint \bar{b} \wedge \left(-C_p \, dl \, \hat{n}\right)$$

Calculo de sustentacion (L) resistencia (D) y momiento (M) por un elemento de ala a partir de los coeficientes aerodinamicos del perfil utilisado



- **§** El simbolo r representa la densidad del fluido en el cual se esta volando, en el caso de interes es el aire, que tiene una densidad de aprox 1.2 kg/m³ al nivel del mar
- **§** El simbolo q representa una cantidad que se llama presion dinamica. Como escrito en la formula, depende de la densidad del fluido y de la velocidad del fluido[1].

Calculo del coeficiente de momiento (Cm) al respecto de un polo arbitrario (ej: centro de gravedad), calculo del Cm total de un conjunto de elementos al respecto del centro de gravedad



- **§** En la ultima equacion el simbolo S significa que hay que hacer la suma de cada Cm_{cg} por todos los elementos (i) que se consideran. Es una equacion simplificada y aproximada por entender el concepto base.

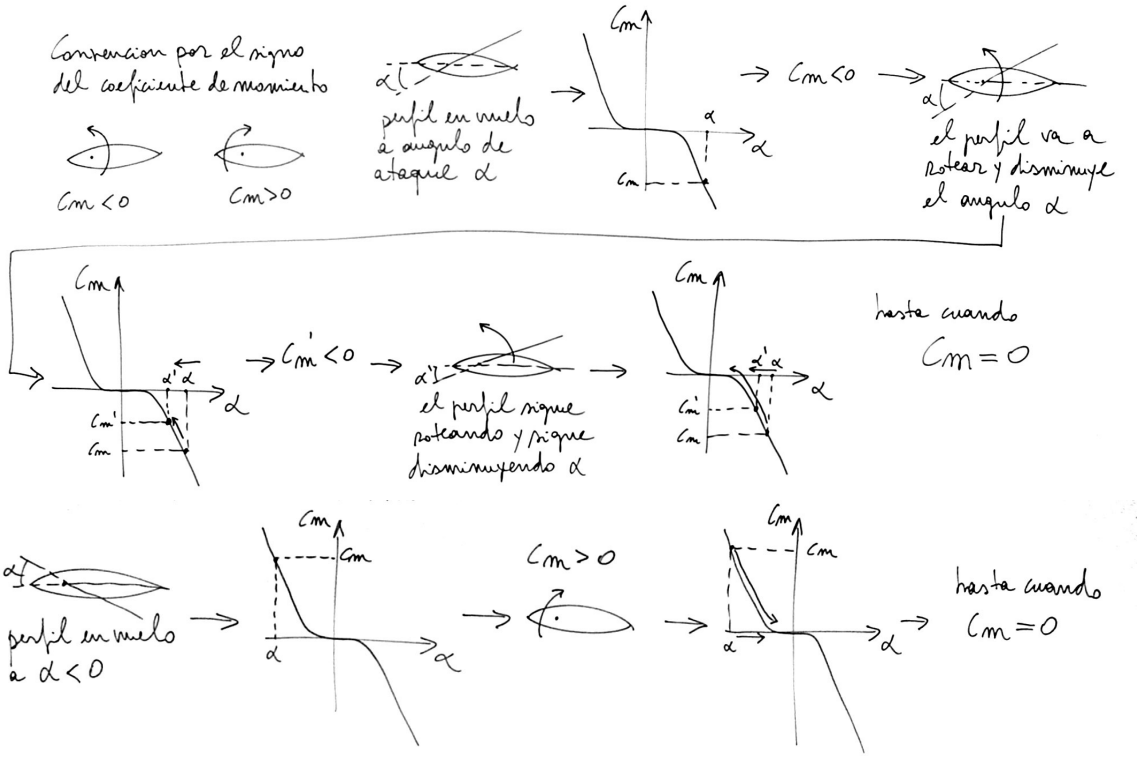
[1] En el sistema internacional (SI) las presiones se miden en Pascal (Pa). Pa= N/m². 100000 Pa=~ 1 Atm

Dinamica sobre el coeficiente de momiento Cm en funcion del angulo de ataque a

A cada a corresponde un cierto Cm, que se obtiene con metodos computacionales o experimentales. El conjunto de los valores constituye el grafico Cm en funcion de a.

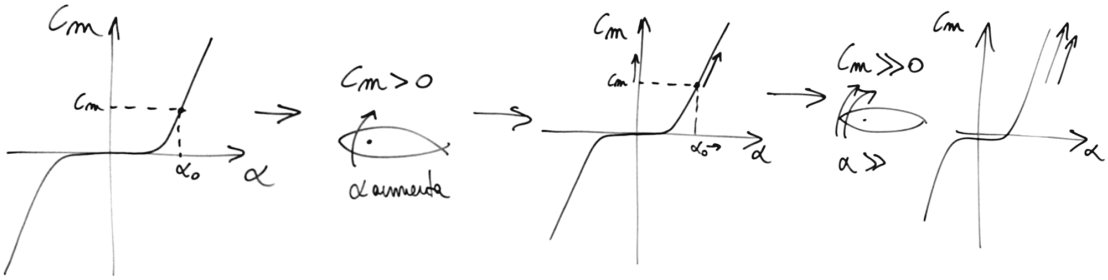
Cuando el perfil esta generando un cierto Cm a un cierto a, significa que tiene tendencia a rotear y de consecuencia va a variar su angulo de ataque a. Un nuevo a implica un nuevo Cm: se jenera entonces un "perseguimiento" a lo largo de la linea del grafico entre a y Cm. La manera de perseguirse representa la dinamica real del perfil.

Dinamica estable



- En el dibujo sobre la convencion, el perfil esta volando hacia la izquierda (el fluido llega de la izquierda)
- Cuando el perfil esta generando un Cm<0 significa que tiene tendencia a rotear en sentido antiorario y de consecuencia va a diminuir su angulo de ataque a. Cm>0 tendencia a rotear en sentido orario (a aumentarà). Cm=0 el perfil no tiene ninguna tendencia.
- NB: diminuir o aumentar a no es en su valor absoluto! Ej: si a es –5° y disminuye, va a llegar a –6° y no a –4°

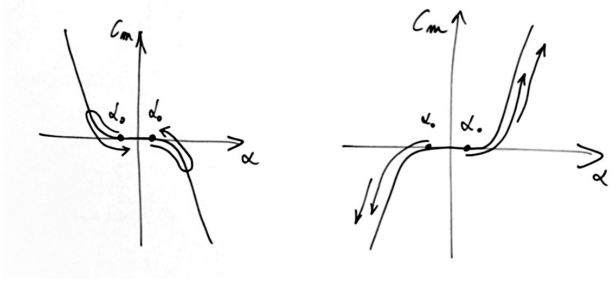
Dinamica instable



- se nota de antemano que la pendiente del grafico es la opuesta al precedente. La dinamica consecuente tiene un comportamiento divergente
- el caso con a inicial negativo tiene correspondientes efectos divergentes hacia el otro extremo del grafico

Dinamica al entorno de una region neutra

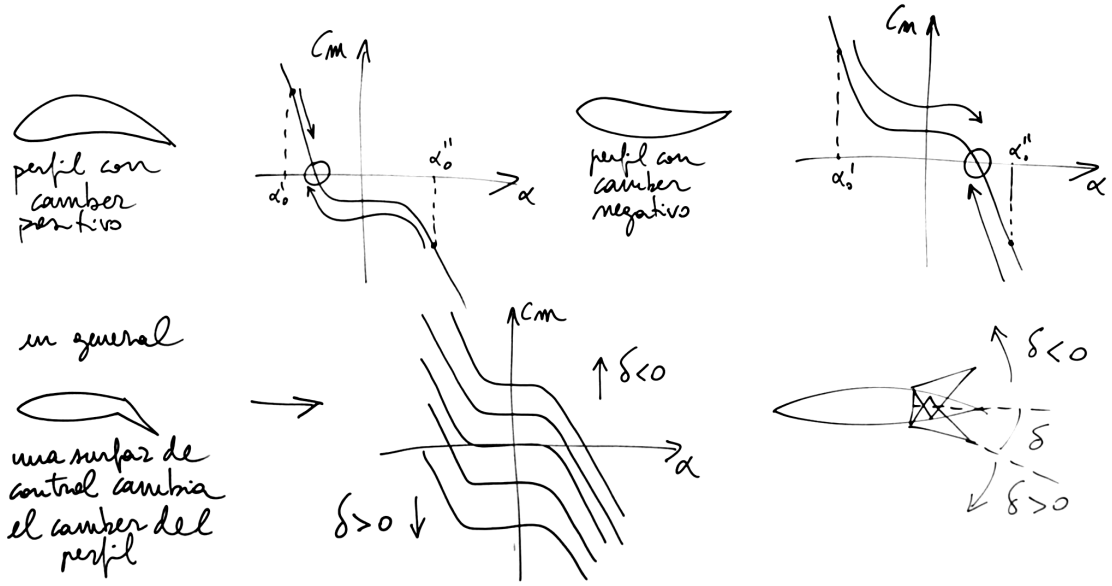
En una region con Cm=0 el perfil no tiene tendencia a rotear. Por turbulencias externas, a, puede variar y llevar el perfil en otras regiones del grafico. Consigue que:



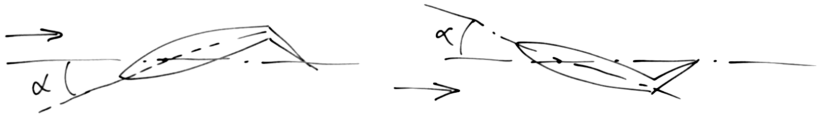
- el grafico de izquierda es el mismo de la situacion con dinamica estable. Se puede verificar que las perturbaciones reconducen el perfil a la region neutra
- el grafico de la derecha es el mismo de la situacion instable. Se puede ver que las perturbaciones reconducen el perfil a las regiones instables

Esta claro que las perturbaciones existen en qualquiera region del grafico y generaran variaciones de a, estables o instables segun el grafico

Variando la forma del perfil varia la curva Cm vs. a, Agregando una surfaz de control y deflexionandola, tambien se varia la forma del perfil:



- Notar que el angulo a al cual el Cm = 0 (marcado con un circulo) (Cm=0 **à** el perfil se estabilisa = no tiene tendencia a rotear) cambia en funcion de la forma del perfil
- En general, la deflexion de una surfaz de control (o la variacion de camber) sobre un mismo perfil genera una traslacion de la curva hacia arriba (deflexion negativa) o hacia abajo (deflexion positiva)

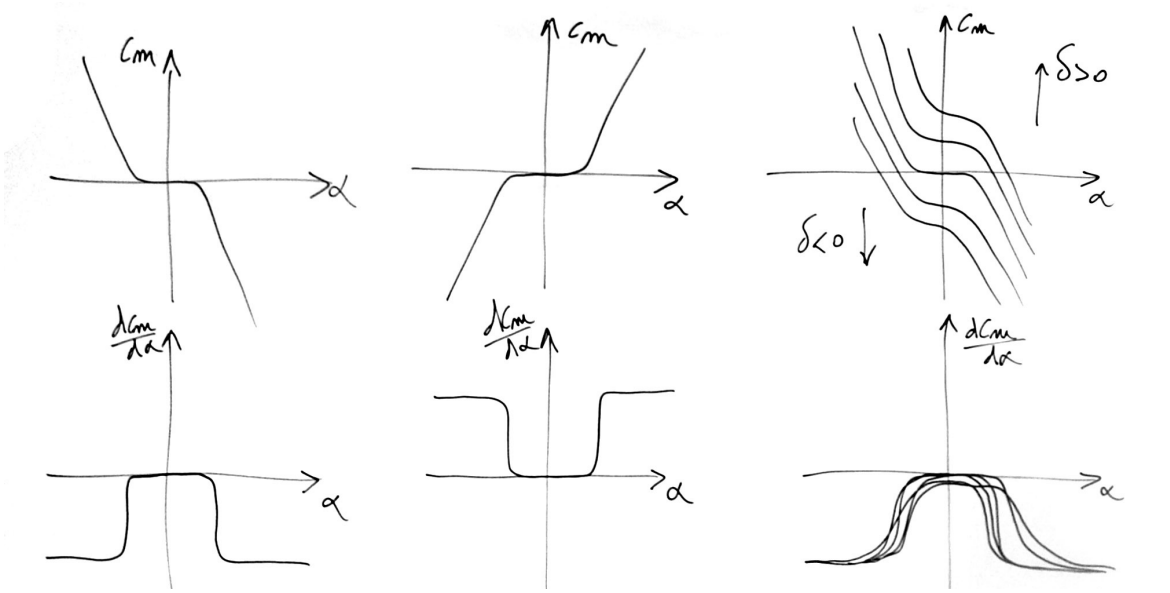


De la interpretacion de los graficos, se entiende que el perfil "buscarà" de volar a un cierto angulo de ataque en funcion de la deflexion de la surfaz de control (o camber) del perfil. Si esto no està claro, releer lo antecediente hasta cuando lo sea.

dCm/da : derivada de Cm al respecto de a

La caracteristica de estabilidad del perfil resulta mas explicita si se pasa a la analisis del grafico de la derivada de Cm al respecto de a, osea el grafico que ilustra la pendiente del grafico precedente.
La conclusion es que, en las regiones del grafico donde:

- el valor de dCm/da es <0, el perfil es estable
- el valor de dCm/da es >0, el perfil es instable
- el valor de dCm/da es =0, el perfil es neutro



- se note porfavor que los graficos de las varias curvas de Cm en funcion de la deflexion de la surfaz de control (grafico a la derecha en alto) tienen todos + - el mismo grafico de derivada, lo que significa que la deflexion de una surfaz de control (por angulos relativamente limitados) NO cambia la ESTABILIDAD del perfil, pero SI cambia el COEFICIENTE DE MOMIENTO del perfil. Gracias por su atencion

Las curvas de Cm mostradas son exemplificativas y simples. Pueden ser mucho mas "ruidosas" y complejas

Conclusion

- El grafico Cm vs. a determina la dinamica del perfil sobre su rotacion y la(s) posicion(es) estables
- Se puede calcular o determinar experimentalmente el grafico Cm vs. a por un sistema de perfiles completo, es decir por UN AVION
- Existe una forma mas eficaz de analisar el grafico de Cm pasando a la derivada del Cm en funcion de a (derivada aerodinamica de momento)

Now go out and practice