



# SIMUROL

## GUIA DEL USUARIO

v 1.0

Consultas y comentarios:

[gsvd@aero.frh.utn.edu.ar](mailto:gsvd@aero.frh.utn.edu.ar)



## HISTORIA DE REVISIONES

Fecha	Versión	Descripción
01-03-2007	1.0	Versión Inicial

GSDV - UTN ERH

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.1	GENERALIDADES .....	4
1.2	CARACTERÍSTICAS .....	5
1.3	REQUERIMIENTOS .....	7
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>CONFIGURACIÓN .....</b>	<b>9</b>
3.1	SECCIONES Y PARÁMETROS .....	9
3.2	COMENTARIOS .....	9
3.3	SECCIÓN [GENERAL] .....	9
3.4	SECCIÓN [AVION] .....	10
3.5	PERFIL ALAR.....	14
3.5.1	<i>Definición de Perfil Alar .....</i>	<i>14</i>
3.5.2	<i>Asignación de Perfil Alar a Cada Estación.....</i>	<i>19</i>
3.5.3	<i>Corrección por Número de Reynolds .....</i>	<i>19</i>
<b>4</b>	<b>MODO DE EMPLEO .....</b>	<b>21</b>
4.1	MENÚ .....	21
4.1.1	<i>Archivo.....</i>	<i>21</i>
4.1.2	<i>Cálculo.....</i>	<i>21</i>
4.1.3	<i>Simulación .....</i>	<i>22</i>
4.2	PANEL 1 .....	22
4.3	PANEL 2 .....	23
4.4	PANEL 3 .....	24
4.5	PANEL 4 .....	25
<b>5</b>	<b>EXPORTACIÓN.....</b>	<b>26</b>
5.1	SIMUROL-GLOBAL.TXT.....	26
5.2	SIMUROL-ESTATION.TXT.....	26

# 1 Introducción

## 1.1 Generalidades

SIMUROL es un software desarrollado por el *Grupo de Simulación Dinámica del Vuelo* con el objeto exclusivo de brindar una herramienta académica útil para la determinación de la distribución de sustentación y resistencia y distribución de coeficientes de sustentación y resistencia aerodinámicas, a lo largo de la envergadura alar o de cualquier otra superficie sometida al efecto de una corriente relativa de aire.

La teoría asociada al presente desarrollo, tiene su origen en un trabajo publicado por el físico Británico Hermann Glauert<sup>1</sup>, como método de integración de la ecuación integro diferencial de Prandtl<sup>2</sup>, conocida como modelo matemático de la línea Sustentadora de Prandtl, o también como Teoría del Ala de Lanchester-Prandtl.

Este modelo matemático, conocido como método de Glauert, fue desarrollado originalmente únicamente para distribuciones de sustentación simétricas. Esto genera muchas limitaciones, debido que son muy raras las condiciones de vuelo simétrico en su concepto mas amplio, por lo que se desarrolló una forma de generalización del método, inducido por la necesidad del director del grupo de generar un estudio teórico para explicar una serie de accidentes fatales, y algunos casos con mejor desenlace, que permitieron explicar, aunque descreídamente, el fenómeno físico desconcertante descrito por los pilotos involucrados (tal como se explica en el documento *Inversion Of Commands Due To Non Aeroelastic Causes*, que se cita en la referencia<sup>4</sup>).

Así se desarrolló una generalización del método para alas con asimetrías geométricas, aerodinámicas, inerciales y funcionales, únicamente con fines académicos, publicado bajo el título "*Predicción de la distribución de Sustentación y Resistencia aerodinámicas en alas con asimetrías geométrica, aerodinámica, y/o funcional*"<sup>3</sup>, para cálculo de la distribución de sustentación y resistencias tridimensionales sobre la superficie alar. Como extensión, realizar el calculo de la distribución de coeficientes de sustentación y coeficientes de resistencia inducida ( y por ende total).

Como consecuencia de lo anterior, el presente software fue desarrollado con los siguientes objetivos:

1. Incluir las asimetrías *aerodinámicas*, esto es, distintas características aerodinámicas en secciones simétricas respecto de la línea de referencia equidistante entre ambos extremos alares; *geométricas*, esto es distinta forma de planta alar en posiciones simétricas respecto de la misma línea de referencia central y distinto ángulo de montaje relativo; *inerciales*, que es cuando el CG del ala no se encuentra sobre la línea de referencia central antes mencionada; y *funcionales*, que corresponde a los casos operativos donde la Velocidad relativa del aire no es paralela al plano de la misma línea central y el eje Z normal a ella.
2. Incorporar los fenómenos de alinealidad de la función  $CL=f(\alpha)$ , eliminando la equivalencia entre "a", secante de la función  $CL=f(\alpha)$  que pasa por el origen de coordenadas, y  $CL_{\alpha}$ , pendiente de la citada función en el punto donde la secante mencionada en primer término corta a la función  $CL=f(\alpha)$ .

<sup>1</sup> **Hermann Glauert**, Matemático y Físico británico de ascendencia alemana, nacido en Shieffield, Inglaterra, el 4/10/1892, y fallecido en un accidente en 1934.

<sup>2</sup> **Ludwig Prandtl**, Físico alemán, nacido en Freising Alemania, el 4/02/1875, y fallecido en Gotinga Alemania, el 15/08/1953, fue entre otros relevantes cargos, Director y fundador del célebre Instituto Max Planck (entonces Kaiser Wilhelm Institute).

<sup>3</sup> **Victor Luis Caballini** Editado en la UTN-FRH con fines académicos únicamente- 1994.



3. Analizar los efectos aerodinámicos que generan inversión de los momentos de rolido, debidos a causas no aeroelásticas.<sup>4</sup>, originaria de múltiples accidentes fatales.
4. Generar un algoritmo matemático numérico para el desarrollo del programa de Control del Simulador de Vuelo en proceso de desarrollo bajo el programa PROMEI. Implementar el modelo de cálculo de sustentación tridimensional para futuros modelos para Simulación de Vuelo, basado también en un trabajo de tesis de maestría en ingeniería de software, bajo el título: Modelos Orientados a Objetos Aplicados en el Dominio Aeronáutico<sup>5</sup>.
5. Proveer una herramienta académica para el cálculo de la sustentación tridimensional de diferentes tipos de planta alar, tanto cualitativamente emulando el control de rolido de un avión mediante un Joystick, como cuantitativamente para resolución numérica de Trabajos Prácticos y o solución ingenieril de problemas reales.
6. Analizar la totalidad de los factores que influyen sobre el fenómeno anterior, retrasando o acelerando la ocurrencia del fenómeno, a fin de predecir situaciones de inversión de los momentos de rolido, que constituyen parte de la Tesis Doctoral del Director del grupo Simulación Dinámica del Vuelo<sup>6</sup>.

El último punto en particular, está afectado por fenómenos dinámicos, por lo que su estudio requiere de análisis dinámico en forma interactiva, esto es el modelo numérico debe trabajar en tiempo real, en el que intervienen fenómenos inerciales.

**NOTA:** *llamamos inversión de comandos cuando los momentos de rolido generados por los alerones son inversos a la demanda producida por ellos.*

## 1.2 Características

El presente documento, tiene por fin establecer las características operativas de un Manual del Programa SIMUROL. En este punto es intención la descripción de las limitaciones del programa y de las características del mismo, al igual que establecer las causas por las que fue desarrollado de esta forma.

Los fundamentos teóricos del programa se describen en otro documento que constituye un insumo interno del Grupo de Simulación Dinámica del Vuelo<sup>7</sup>. No obstante ello es necesario poner de manifiesto las características funcionales de este programa:

1. El Programa permite ingresar hasta 100 puntos de a pares equidistantes en forma simétrica respecto de la envergadura o con distribución angular constante a ambos lados de la línea de referencia.

<sup>4</sup> **Victor Luis Caballini** Paper publicado originalmente en el 41st AIAA Meeting and Exhibit, Reno Nevada, USA, enero 2003, bajo el título *INVERSION OF COMMANDS DUE TO NON AEROELASTIC CAUSES*.

<sup>5</sup> **Daniel Monserrat**, Trabajo de Tesis de Maestría en Ingeniería de Software. Universidad Nacional de La Plata

<sup>6</sup> **Victor Luis Caballini**, Tesis Doctoral "El Fenómeno de la Inversión de los Momentos Aerodinámicos Generados por los Comandos Primarios de un Avión, Debido a Causas No Aeroelásticas- Universidad Politécnica de Madrid 2006.

<sup>7</sup> **Simulación Dinámica del Vuelo**: Grupo de Investigación la Universidad Tecnológica Nacional, aprobado por el MECy T, bajo el plan PROMEI I, PROYECTO XVII y que se encuentra en proceso de desarrollo.



Figura 1. Distribución de 12 estaciones equidistantes

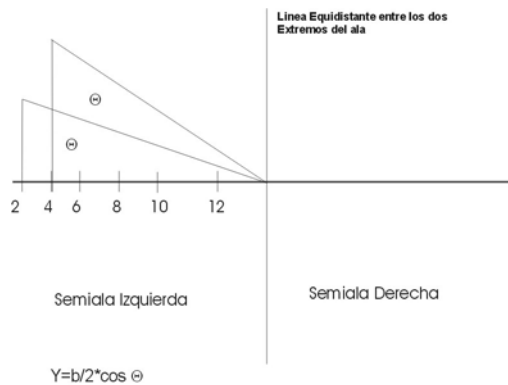


Figura 2. Distribución de 12 estaciones equiangulares

- El programa posee la capacidad de ingresar también punto a punto las características geométricas del ala, utilizando como referencia el valor de la cuerda local y las coordenadas "x" "y" del centro aerodinámico de cada sección alar (o superficie sustentadora de cualquier tipo), y los valores de Xca.

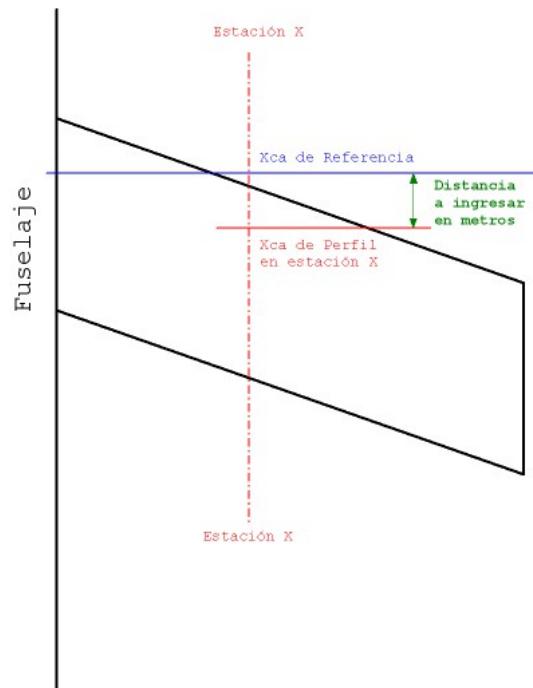


Figura 3. Diagrama de ingreso del centro aerodinámico de cada estación

- Definida la Planta Alar, es necesario conocer las funciones  $CL=f(\alpha)$  y  $CD_0=f(\alpha)$ , para al menos tres números de Reynolds, para cada perfil utilizado en las alas.

Desde el punto de vista funcional, este programa responde a la condición física de Vuelo Horizontal, y esto se asegura, utilizando como variable de ajuste *el peso* de la aeronave, esto es, la aeronave mantiene  $V_v=0$  en todo momento. De igual manera, definida una velocidad, esta se mantiene constante para todo el análisis, cerrando la ecuación con una tracción variable que automáticamente mantiene una aceleración en le sentido de "x" nula. En esto difiere este programa del programa de control del simulador ya que en este último todas estas son variables de cálculo.

El sistema permite adoptar además velocidades angulares en "z" ( $r$ ), pero definidas como datos de partida.

No así la velocidad angular en "x", que únicamente para este eje es el resultado de los Momentos generados por la distribución de sustentación, y los Momentos de Inercia polares respecto del citado eje. Esto es así para que permita determinar la influencia del  $I_{xx}$ , y de la velocidad de deflexión de los alerones, sobre la posibilidad de ingreso en Inversión de los Momentos de Roldo, objetivos de este programa.

### 1.3 Requerimientos

Para una correcta ejecución del programa, se requiere placa de video con soporte de OpenGL con 512 MB de memoria como mínimo.

El requerimiento de tiempo real implica una limitación sobre el tipo de computadora dónde se ejecuta la aplicación. Buenos resultados han sido obtenidos con PC Pentium 2.4 GHZ o superiores



## 2 Instalación

Ejecute el archivo provisto y siga las instrucciones. La instalación es sencilla de forma que prácticamente una vez ejecutada ya puede correr el programa sin mayores problemas.

GSDV - UTN ERH



### 3 Configuración

Para configurar el programa debe utilizarse un editor de textos y modificar el archivo simurol.ini. En esta sección se describen cada uno de los parámetros de configuración del sistema.

#### 3.1 Secciones y Parámetros

El archivo de configuración se encuentra organizado en secciones, cada una de las cuales agrupa parámetros relacionados. Las secciones se escriben entre corchetes como en el siguiente ejemplo:

```
[GENERAL]
...
... parámetros...
...
[OTRASECCION]
...
... mas parámetros ...
...
```

Los parámetros son simplemente un nombre seguido del signo igual y el valor del mismo. Ejemplo de parámetros es:

```
[GENERAL]
PARAMETRO01=10
PARAMETRO02=ESTE ES UN TEXTO
...
[OTRASECCION]
```

#### 3.2 Comentarios

Las líneas que se consideran comentarios deben comenzar con punto y coma “;”. Los comentarios pueden ser introducidos en cualquier parte del archivo de configuración.

Ejemplo de comentario es:

```
;
;
;=====
; SIMUROL v 1.0
; CONFIGURATION FILE
;
;
;=====
;Sección con configuraciones generales del programa, es decir parámetros como
;densidad del aire, etc.
;
;
;=====
```

#### 3.3 Sección [GENERAL]

En esta sección se encuentran los parámetros para el funcionamiento general del programa. Los parámetros son:

`USE_JOYSTICK=NO`

Habilita el uso de control por joystick del sistema. Valores posibles:

- SI indica que se controlará el software via joystick.
- NO indica que se controlará el software utilizando el teclado.



`DELTA_ALFA=1`

Especifica el valor de variación del ángulo de ataque cada vez que pulse la tecla FLECHA ARRIBA o FLECHA ABAJO.

Unidades: radianes.

`DELTA_ALERON=15`

Indica el valor de variación del ángulo de deflexión de alerones cada vez que se pulsa la tecla FLECHA DERECHA o IZQUIERDA.

Unidades: grados.

`MOMENTO_INERCIA_XX=100000`

Momento de Inercia polar referido al eje X de la aeronave.

Unidades: Kg.\*m<sup>2</sup>

`VELOCIDAD_R=0`

Velocidad angular sobre el eje z.

Unidades: m/seg.

`DENSIDAD_AIRE=0.125000`

Densidad del aire para la altura a la cual se realiza el cálculo.

Unidades: Kg.\*seg<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

`VELOCIDAD=115`

Velocidad inicial a la cual se desean realizar los cálculos.

Unidades: m/seg.

`ALFA=10.500000`

Angulo de ataque inicial con el cual se desean iniciar los cálculos.

Unidades: grados

`DELTA_ALERON_MAX=30`

Angulo de deflexión de alerones máximo.

Unidades: grados

`ESCALA_FUERZAS=0.010000`

Escala para los gráficos de fuerzas. Se recomienda fijar acorde a los resultados en runtime.

`ESCALA_COEFICIENTES=50.000000`

Escala para los gráficos de coeficientes. Se recomienda fijar acorde a los resultados en runtime.

### 3.4 Sección [AVION]

En esta sección encontraremos los parámetros relativos a las características de la aeronave en estudio. Los parámetros son:

`ENVERGADURA=27.23`

Envergadura de la planta alar de la aeronave bajo estudio.

Unidades: metros

`TIPO_ALA=ELIPTICA`

Modelo de planta alar a utilizar. Básicamente el tipo de planta alar se utiliza para la generación de las cuerdas locales por estación. Los valores posibles son: RECTANGULAR, TRAPEZOIDAL, ELIPTICA y LIBRE. Dependiendo del tipo seleccionado se requerirá el ingreso de otros datos relacionados al tipo de planta alar. En el caso del tipo LIBRE, es la opción que permite ingresar estación a estación la cuerda del ala (ver abajo el ingreso de la flecha para cualquier forma alar).

`CUERDA_RAIZ=4`



Este parámetro debe ser ingresado para todos los tipos de ala con excepción del tipo LIBRE. Representa el valor de la cuerda del perfil de raíz del ala.  
Unidades: m

`AHUSAMIENTO=0.7`

El ahusamiento debe ser especificado solamente para alas del tipo TRAPEZOIDAL.

`CANTIDAD_ESTACIONES=20`

Cantidad de estaciones en que se desea dividir la envergadura. La cantidad máxima es de 100 estaciones y recuerde que este parámetro afectará directamente a la velocidad y calidad de los resultados del cálculo.

`DISTRIBUCION_ESTACIONES=ANGULAR`

Indica la ley de distribución de las estaciones a lo largo de la envergadura. Pueden ser de 2 tipos: EQUIDISTANTES, donde las estaciones se encontrarán a distancias iguales una de otra sobre la envergadura, o ANGULAR, en la cual las estaciones se encontrarán distribuidas con ángulos iguales (distancia entre estaciones con variación cosenoidal). Ver figura 1.

`ALERON_POTENCIA=.5`

Este parámetro afecta directamente al coeficiente de sustentación obtenido localmente por la deflexión del alerón. Depende de la relación de cuerdas entre ala y alerón.

`ESTACIONX.ALERON=SI`

Este conjunto de propiedades define las estaciones sobre las cuales se encuentra ubicado el alerón. Para cada estación se puede especificar SI o NO acorde a si en esa estación testigo se posee alerón o no respectivamente. El formato es:

*ESTACIONX.ALERON=SI*

Donde X es el número de estación.  
Por ejemplo si tenemos:

```
ESTACION1.ALERON=SI
ESTACION3.ALERON=SI
ESTACION5.ALERON=SI
ESTACION7.ALERON=SI
ESTACION9.ALERON=SI
ESTACION11.ALERON=SI

ESTACION2.ALERON=SI
ESTACION4.ALERON=SI
ESTACION6.ALERON=SI
ESTACION8.ALERON=SI
ESTACION10.ALERON=SI
ESTACION12.ALERON=SI
```

En este caso tendremos presencia de alerón en las estaciones 1, 3, 5, 7,9 y 11 de la semiala izquierda mientras que el otro alerón se encontrará en las estaciones 2, 4, 6, 8,10 y 12 de la otra semiala (derecha).

`ESTACIONX.CUERDA=1`

Este grupo de propiedades define la cuerda en metros de cada estación y se utiliza solamente para el caso de alas definidas como tipo LIBRE.

El formato es:

*ESTACIONX.CUERDA=VALOR*

Donde X es el numero de estación en cuestión y VALOR es el valor de la cuerda en metros para esa estación.

Por ejemplo si tenemos 20 estaciones y tipo alar LIBRE encontraremos la siguiente definición:

```
ESTACION1 .CUERDA=1  
ESTACION3 .CUERDA=1  
ESTACION5 .CUERDA=1  
ESTACION7 .CUERDA=1  
ESTACION9 .CUERDA=1  
ESTACION11 .CUERDA=2  
ESTACION13 .CUERDA=2  
ESTACION15 .CUERDA=2  
ESTACION17 .CUERDA=2  
ESTACION19 .CUERDA=2
```

```
ESTACION2 .CUERDA=1  
ESTACION4 .CUERDA=1  
ESTACION6 .CUERDA=1  
ESTACION8 .CUERDA=1  
ESTACION10 .CUERDA=1  
ESTACION12 .CUERDA=2  
ESTACION14 .CUERDA=2  
ESTACION16 .CUERDA=2  
ESTACION18 .CUERDA=2  
ESTACION20 .CUERDA=2
```

En el ejemplo tenemos que el 50% de cada semiala tiene una cuerda de 1 metro desde la puntera al 50% de la semiala, mientras que el resto de la semiala hasta la raíz posee una cuerda de 2 metros.

[ESTACIONX .FLECHA=0](#)

Este conjunto de propiedades define el ángulo de flecha. Se debe ingresar la posición del centro aerodinámico de cada estación tomando como eje de referencia el centro aerodinámico del perfil de raíz como se muestra en el dibujo. Con este método se puede definir un ala con ángulo de flecha variable estación a estación.

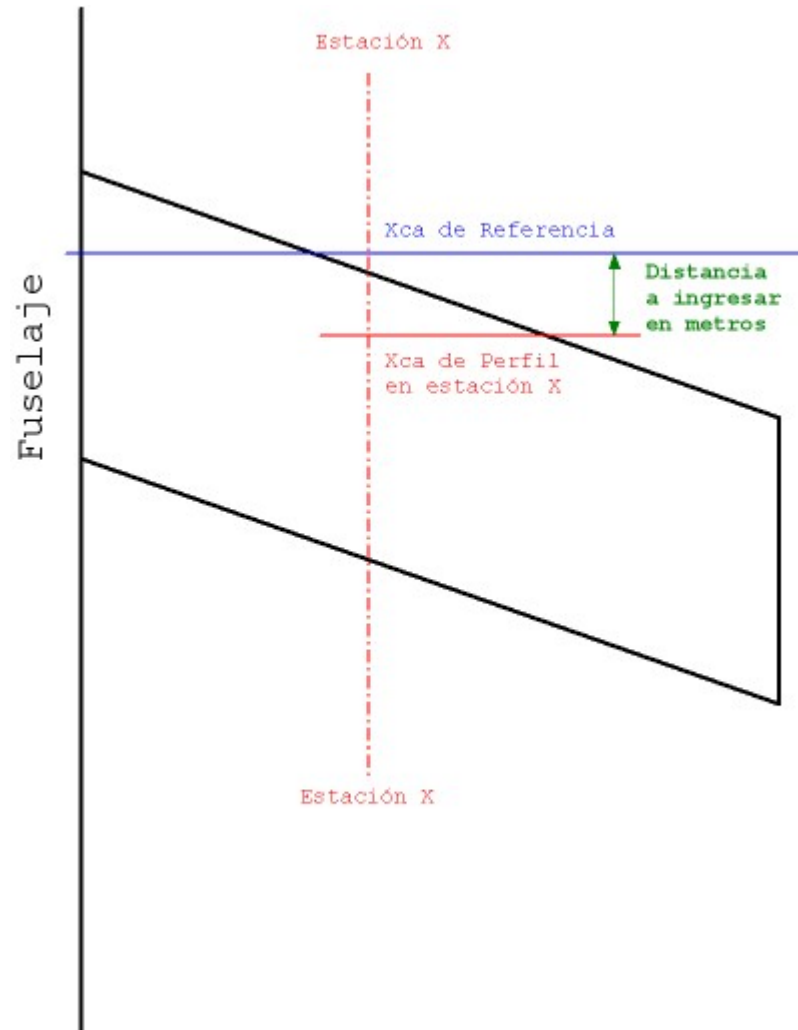


Figura 4. Determinación de la flecha en base a los Xca de cada sección

El formato es:

`ESTACIONX.FLECHA=0`

Donde X es el número de estación.

Por ejemplo:

```
ESTACION1 .FLECHA=0
ESTACION3 .FLECHA=0
ESTACION5 .FLECHA=0
ESTACION7 .FLECHA=0
ESTACION9 .FLECHA=0
ESTACION11 .FLECHA=0
ESTACION13 .FLECHA=0
ESTACION15 .FLECHA=0
ESTACION17 .FLECHA=0
ESTACION19 .FLECHA=0

ESTACION2 .FLECHA=0
ESTACION4 .FLECHA=0
ESTACION6 .FLECHA=0
ESTACION8 .FLECHA=0
ESTACION10 .FLECHA=0
ESTACION12 .FLECHA=0
```

```
ESTACION14.FLECHA=0
ESTACION16.FLECHA=0
ESTACION18.FLECHA=0
ESTACION20.FLECHA=0
```

En el ejemplo se presenta un ala con sus centros aerodinámicos ubicados a 0 metros de la referencia por lo cual no posee flecha.

`MODO_ALABEO=LIBRE`

Este parámetro dirige la forma en que se computará el alabeo alar. Los valores posibles son LINEAL o LIBRE.

En el modo LINEAL deben definirse 1 parámetro más:

```
;para alabeo lineal
;
ALABEO=0
```

Que definen la variación lineal entre el valor 0 en la raíz y pendiente ALABEO.

En el modo LIBRE se debe definir el alabeo local por cada estación. Consiste en un conjunto de propiedades de la forma ESTACIONX.ALABEO=VALOR. Por ejemplo:

Nótese que valores de estación positivos indicarán que el ángulo de ataque es mayor al ángulo de ataque de raíz; por lo tanto, un valor negativo indica que el ángulo de ataque local es menor que el ángulo de raíz en esa magnitud.

```
; para alabeo libre, en grados por estación.
;
ESTACION1.ALABEO=3
ESTACION3.ALABEO=3
ESTACION5.ALABEO=0
ESTACION7.ALABEO=0
ESTACION9.ALABEO=0
ESTACION11.ALABEO=0
ESTACION13.ALABEO=0
ESTACION15.ALABEO=0
ESTACION17.ALABEO=0
ESTACION19.ALABEO=0

ESTACION2.ALABEO=3
ESTACION4.ALABEO=3
ESTACION6.ALABEO=0
ESTACION8.ALABEO=0
ESTACION10.ALABEO=0
ESTACION12.ALABEO=0
ESTACION14.ALABEO=0
ESTACION16.ALABEO=0
ESTACION18.ALABEO=0
ESTACION20.ALABEO=0
```

En el ejemplo se presenta un ala con alabeo de 3 grados en las dos estaciones cercanas a la puntera del ala.

### 3.5 Perfil Alar

La definición del perfil alar se realiza en 2 pasos: Primero se ingresan las curvas del perfil a utilizar (definición del modelo del perfil) y Segundo, se asigna el perfil(es) a cada estación.

Se permiten un máximo de 20 puntos como máximo para el ingreso  $Cl=f(\alpha)$ .

#### 3.5.1 Definición de Perfil Alar

La definición del perfil alar básicamente consiste en crear una sección con el nombre que identificará al perfil y el ingreso de los parámetros que lo definen dentro de la sección.

Por ejemplo si deseamos ingresar un perfil NACA65-618 tendremos que generar la sección:

[NACA65-618]

Es muy importante notar que: las curvas  $C_l=f(\alpha)$  deben referirse a ángulos de ataque aerodinámicos para  $\delta a=0$ , es decir las curvas deben pasar por el origen de coordenadas. La curva debe ser completada para que en  $-\pi/2$  y en  $\pi/2$  el valor de  $C_l$  debe ser 0.  
Los siguientes gráficos son un ejemplo del procedimiento:

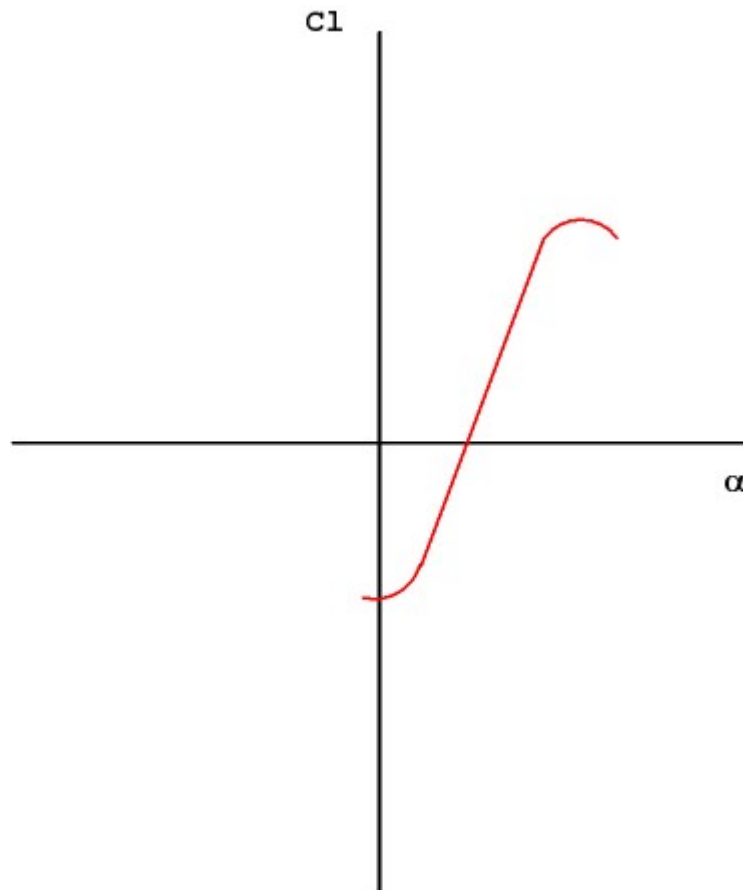


Figura 5. Curva  $c_l=f(\alpha)$  original

Como primer paso consideremos que los reports contienen información considerando ángulos geométricos ( $\alpha_g$ ) y la abscisa para  $C_l=0$  es  $\alpha_0$ , por lo cual el ángulo  $\alpha$  aerodinámico al que nos referimos es respecto a este punto.

El primer paso es el corrimiento de la curva para que pase por el origen de coordenadas:

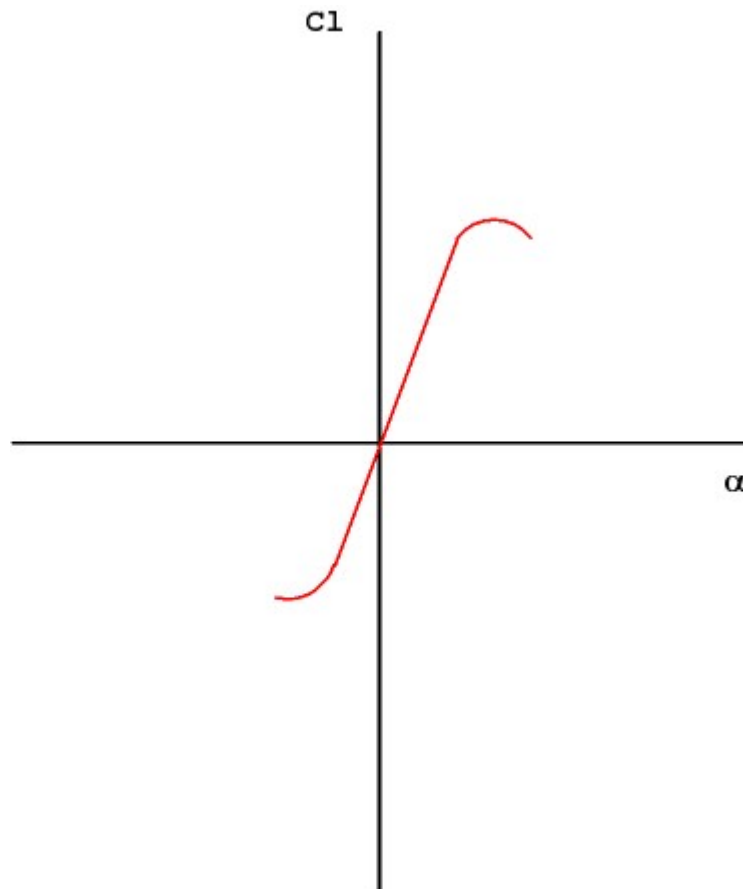


Figura 6. Corrimiento de la curva  $Cl=f(\alpha)$

Por último completamos la curva para que  $Cl$  valga 0 en  $\pm \pi/2$



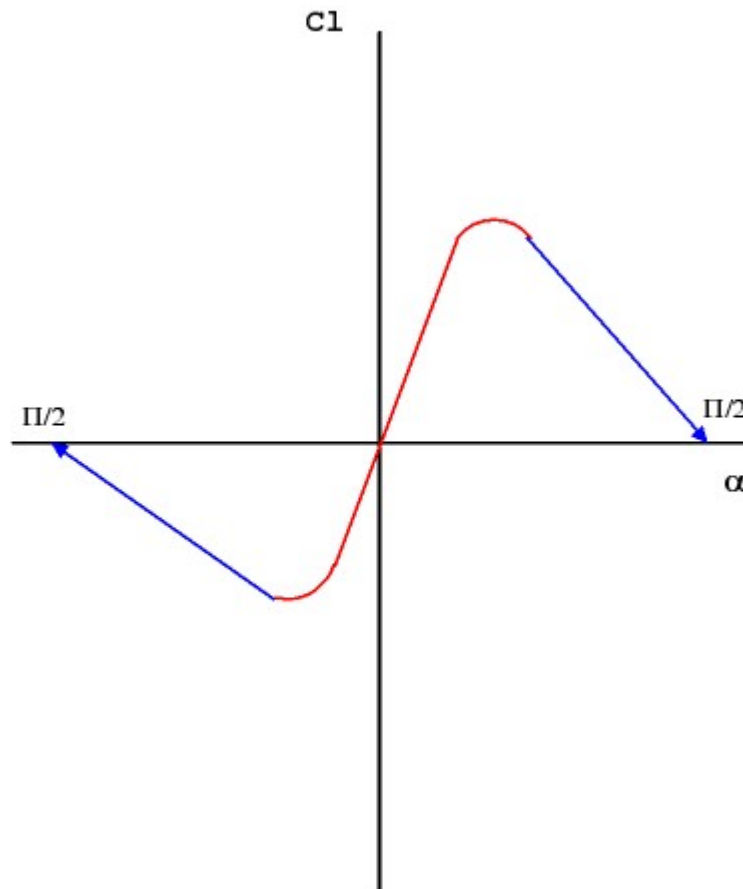


Figura 7. Curva completa con corte del eje x en +/-  $\pi/2$

Una vez definida la sección se debe ingresar  $Cl=f(\alpha)$ . El conjunto de propiedades que definen la curva tiene el formato:

```
REYNOLDS1.ALFA=angulo
REYNOLDS1.RE1= valorCL1
REYNOLDS1.RE2= valorCL2
REYNOLDS1.RE3= valorCL3
REYNOLDS1.CD1= valorCD1
REYNOLDS1.CD1= valorCD2
REYNOLDS1.CD1= valorCD3
```

Donde ángulo es el ángulo de ataque (valor eje x de la curva). valorCL1 es el valor de coeficiente de sustentación para la curva de Reynolds 1. valorCL2 es el valor de coeficiente de sustentación para la curva de Reynolds 2. valorCL3 es el valor de coeficiente de sustentación para la curva de Reynolds 3. Por ejemplo:

```
-
[ NACA65-618 ]
;
REYNOLDS1.ALFA=-90
REYNOLDS1.RE1=0
REYNOLDS1.RE2=0
REYNOLDS1.RE3=0
REYNOLDS2.ALFA=-14
REYNOLDS2.RE1=-0.7
REYNOLDS2.RE2=-0.7
REYNOLDS2.RE3=-0.7
REYNOLDS3.ALFA=-12
```



```

REYNOLDS3.RE1=-0.9
REYNOLDS3.RE2=-0.9
REYNOLDS3.RE3=-0.9
REYNOLDS4.ALFA=0
REYNOLDS4.RE1=0
REYNOLDS4.RE2=0
REYNOLDS4.RE3=0
REYNOLDS5.ALFA=6
REYNOLDS5.RE1=0.5
REYNOLDS5.RE2=0.5
REYNOLDS5.RE3=0.5
REYNOLDS6.ALFA=12
REYNOLDS6.RE1=1.1
REYNOLDS6.RE2=1.1
REYNOLDS6.RE3=1.1
REYNOLDS7.ALFA=16
REYNOLDS7.RE1=1.0
REYNOLDS7.RE2=1.0
REYNOLDS7.RE3=1.25
REYNOLDS8.ALFA=22
REYNOLDS8.RE1=1.4
REYNOLDS8.RE2=1.35
REYNOLDS8.RE3=1.3
REYNOLDS9.ALFA=24
REYNOLDS9.RE1=1.5
REYNOLDS9.RE2=1.4
REYNOLDS9.RE3=1.3
REYNOLDS10.ALFA=28
REYNOLDS10.RE1=1.5
REYNOLDS10.RE2=1.4
REYNOLDS10.RE3=1.2
REYNOLDS11.ALFA=90
REYNOLDS11.RE1=0
REYNOLDS11.RE2=0
REYNOLDS11.RE3=0
    
```

En el ejemplo se ingresaron 11 puntos para definir cada una de las curvas.

Pero la definición de los puntos se encuentra incompleta. Ahora de la misma forma se debe ingresar el valor para el coeficiente de resistencia del perfil en cada estación. La forma de ingreso es la misma que para el caso anterior. La forma completa entonces será:

```

REYNOLDS1.ALFA= angulo
REYNOLDS1.RE1= valorCL1
REYNOLDS1.RE2= valorCL2
REYNOLDS1.RE3= valorCL3
REYNOLDS1.CD1= valorCD1
REYNOLDS1.CD2= valorCD2
REYNOLDS1.CD3= valorCD3
    
```

Donde ángulo es el ángulo de ataque (valor eje x de la curva). valorCD1 es el valor de coeficiente de resistencia para la curva de Reynolds 1. valorCD2 es el valor de coeficiente de resistencia para la curva de Reynolds 2. valorCD3 es el valor de coeficiente de resistencia para la curva de Reynolds 3. Por lo tanto la forma completa para ingresar los valores de cada punto será:

```

[ NACA65-618 ]
;
REYNOLDS1.ALFA=-90
REYNOLDS1.RE1=0
REYNOLDS1.RE2=0
REYNOLDS1.RE3=0
REYNOLDS1.CD1=0
REYNOLDS1.CD2=0
REYNOLDS1.CD3=0

REYNOLDS2.ALFA=-14
REYNOLDS2.RE1=-0.7
REYNOLDS2.RE2=-0.7
    
```



```
REYNOLDS2.RE3=-0.7  
REYNOLDS2.CD1=0  
REYNOLDS2.CD2=0  
REYNOLDS2.CD3=0  
...
```

### 3.5.2 Asignación de Perfil Alar a Cada Estación

Una vez definidas las curvas puede asignarse el perfil utilizado en cada una de las estaciones. La asignación del perfil a cada estación se realiza mediante un conjunto de propiedades con formato:

```
ESTACIONX.PERFIL=NOMBRE_DEL_PERFIL
```

Donde X es el número de estación y NOMBRE\_DEL\_PERFIL es el nombre de la sección del perfil como se explicó en el punto anterior "Definición del Perfil Alar".

Entonces para nuestro ejemplo con un perfil al que llamamos NACA65-618 y teniendo 20 estaciones:

```
ESTACION1.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION3.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION5.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION7.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION9.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION11.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION13.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION15.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION17.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION19.PERFIL=NACA65-618
```

```
ESTACION2.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION4.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION6.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION8.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION10.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION12.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION14.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION16.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION18.PERFIL=NACA65-618  
ESTACION20.PERFIL=NACA65-618
```

De esta misma forma podría asignarse un perfil diferente para cada estación.

### 3.5.3 Corrección por Número de Reynolds

Una vez definido el perfil se puede optar por utilizar o no la corrección por Reynolds. La diferencia será que si la corrección se encuentra habilitada, se utilizarán las 3 curvas para calcular el CI resultante. Mientras que si la corrección no se encuentra activa, se utilizará solamente el punto definido como *REYNOLDSX.RE1=VALOR* (única curva  $Cl=f(\alpha)$ ). Nótese que en este caso podrían ingresarse sólo estos valores para definir el perfil).

Además de activarse la corrección por Reynolds, se deben definir a qué valor de Reynolds corresponde cada una de las curvas ingresadas. Por ejemplo:

```
USEREYNOLDS=SI  
REYNOLDS1=3000000  
REYNOLDS2=6000000  
REYNOLDS3=9000000
```

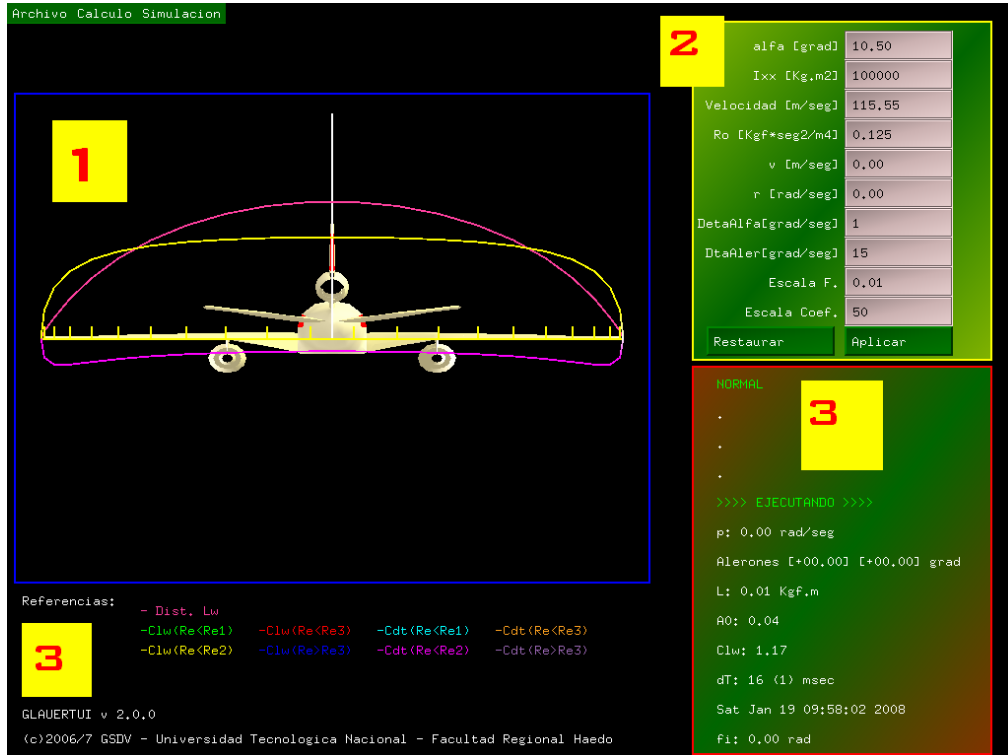
Activa la corrección por Reynolds y las curvas que definen el perfil corresponden a Reynolds de 3, 6 y 9 millones respectivamente.



GSDV - UTN ERH

## 4 Modo de Empleo

Al ingresar al programa comienza la ejecución del cálculo (inicia el ciclo). La ventana principal es:



Se pueden notar 4 zonas claramente definidas:

- 1) Gráfico: en esta zona se ve la gráfica de la aeronave de referencia.
- 2) Parámetros que pueden ser modificados en tiempo de ejecución.
- 3) Información sobre parámetros en tiempo real
- 4) Zona de referencias y mensajes durante la ejecución.

Una vez que se ejecuta el programa, iniciará la secuencia de cálculo con los parámetros almacenados por última vez.

### 4.1 Menú

#### 4.1.1 Archivo

La única opción en este menú es <salir>, la cual finaliza la ejecución del programa.

#### 4.1.2 Cálculo

Para utilizar las opciones de éste menú, el programa se debe encontrar en estado de PAUSA (ver menú Simulación). Posee 2 opciones:

- Guardar Valores:** Almacena los valores actuales que se han ingresado en el panel identificado como -2-.
- Exportar:** Genera archivos de texto para ser utilizado en otros programas. (Ver exportación más adelante).

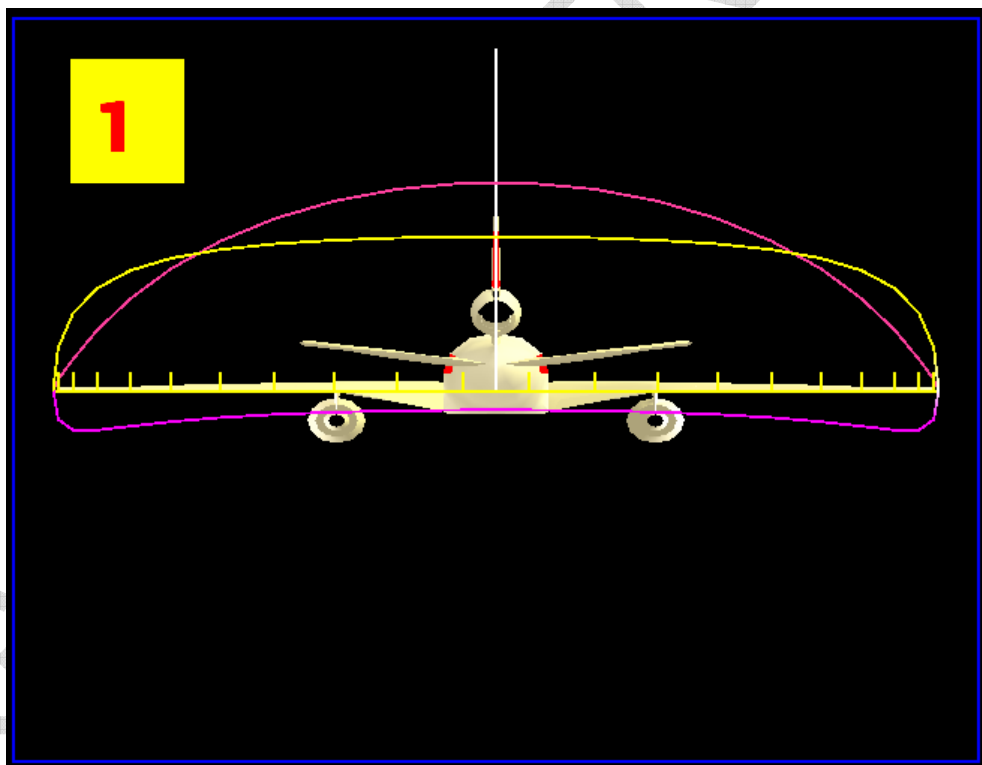
### 4.1.3 Simulación

Encontramos 3 opciones:

- Reset:** Restaura los parámetros del panel -2- a sus valores originales (valores al iniciar la ejecución del programa).
- Continuar:** Pasa la simulación a estado de EJECUCION, es decir los cálculos se van realizando continuamente.
- Pausa:** la simulación pasa a estado de PAUSA, es decir el tiempo interno de la simulación deja de incrementarse produciendo una pausa en los cálculos. De esta forma se pueden realizar cambios en los parámetros, capturar pantallas, exportar datos, etc.

### 4.2 Panel 1

Básicamente este panel permite ver en tiempo real la distribución de fuerzas y coeficiente de sustentación.



Para dar una noción del estado de la aeronave en cuanto a roldo, se presenta una vista de un avión la cual podrá girar sobre su eje X.

Es de notar que el eje de gráficos permanece en su posición (no hay rotaciones de la gráfica) para que sea clara la representación de la misma, mientras que el ángulo de roldo será indicado por la aeronave.

### 4.3 Panel 2

Permite modificar algunos de los parámetros durante la ejecución de la simulación.



alfa [grad]	10,50
Ixx [Kg.m2]	100000
Velocidad [m/seg]	115,55
Ro [Kgf*seg2/m4]	0,125
v [m/seg]	0,00
r [rad/seg]	0,00
DeltaAlfa[grad/seg]	1
DtaAler[grad/seg]	15
Escala F.	0,01
Escala Coef.	50
Restaurar	
Aplicar	

Posee 2 botones:

- Restaurar:** Produce el mismo efecto del menú Reset, es decir los valores de los parámetros del panel -2- vuelven a sus valores originales (valores almacenados por última vez).
- Aplicar:** Este botón debe ser pulsado cada vez que se han realizado cambios en los valores de los parámetros del panel -2- de forma que estos valores tengan efecto (ingresen efectivamente al cálculo).

Los parámetros son:

- alfa:** Angulo de ataque. Inicialmente toma el valor almacenado pero luego va reflejando los cambios que se introducen durante la ejecución.
- Ixx:** Momento de Inercia Polar respecto al eje X.
- Velocidad:** velocidad de la aeronave
- Ro:** densidad del aire
- V:** componente de la velocidad en el eje Y.
- R:** velocidad angular sobre el eje Z (r).
- DeltaAlfa:** Incremento a utilizar para la variación del ángulo alfa, es decir es el incremento que se aplicará cada vez que se pulsen las teclas FLECHA ARRIBA y FLECHA ABAJO, Joystick atrás o adelante respectivamente.
- DtaAler:** Incremento a utilizar para la deflexión de Alerones, es decir es el incremento que se aplicará cada vez que se pulsen las teclas FLECHA IZQUIERDA y FLECHA DERECHA, Joystick a izquierda o derecha respectivamente.
- Escala F.:** determina la escala para el gráfico de fuerzas del panel 1. Pueden modificarse acorde a las necesidades.

- Escala Coef.:** Determina la escala para el gráfico de coeficientes de sustentación en el panel 1. Puede modificarse acorde a las necesidades.

#### 4.4 Panel 3

Brinda información sobre el estado de la simulación. Dichos parámetros son:

```

NORMAL
.
.
.
>>>> EJECUTANDO >>>>
p: 0.00 rad/seg
Alerones [+00.00] [+00.00] grad
L: 0.01 Kgf.m
A0: 0.04
Clw: 1.17
dT: 16 (1) msec
Sat Jan 19 09:58:02 2008
fi: 0.00 rad
    
```

Comenzando desde la primer línea tendremos:

- Indicador de Inversión de comandos: Mostrará NORMAL o INVERSION acorde nos encontremos antes la aparición del fenómeno o no.  
NOTA: Cuando marca inversión significa que los momentos de rolo instantáneos son incoherentes con la deflexión de los alerones.
- Angulo de deflexión de alerones donde se observó la inversión.
- Angulo de ataque de referencia con el cual se generó la inversión de comandos.
- RESERVADA
- Estado de la Simulación: puede ser EJECUTANDO, cuando se encuentra en ejecución la simulación (calculando) o bien PAUSA cuando se ha detenido el avance de la simulación por ejemplo para exportar los datos actuales.
- p: velocidad de rolo (rotación en el eje X)
- Alerones: indica el grado de deflexión de alerones. Se considera deflexión positiva cuando el alerón derecho baja.



- L: momentos sobre el eje X resultante. Se encuentra expresado en kgf.m (positivo es ala derecha abajo)
- A0: termino A0 de la serie del desarrollo de Glauert. Es decir primer termino de la serie o elíptico, y es el que determina Clw mediante la relacion  $Clw=A0 \cdot A \cdot \pi$ .
- Clw: es el coeficiente de sustentación tridimensional resultante.
- dT: tiempo real en que se ha ejecutado el último ciclo de cálculo de la simulación. Es a título informativo para saber si el hardware cumple con el requerimiento necesario para mantener la simulación corriendo en tiempo real.
- Fecha y Hora
- RESERVADA

#### 4.5 Panel 4

Básicamente este panel contiene información sobre las referencias del gráfico del panel 1: estas referencias, si se encuentra activa la corrección por Reynolds indica para el Reynolds local de cada estación entre qué curvas de Reynolds ingresadas se encuentra.

```

Referencias:
- Dist. Lw
-Clw(Re<Re1)  -Clw(Re<Re3)  -Cdt(Re<Re1)  -Cdt(Re<Re3)
-Clw(Re<Re2)  -Clw(Re>Re3)  -Cdt(Re<Re2)  -Cdt(Re>Re3)
3
GLAUERTUI v 2.0.0
    
```

La línea indicada como Msg, es una línea de texto que indicará situaciones anormales o problemas encontrados durante la ejecución. Por ejemplo una indicación típica es el mensaje indicando que la simulación debe estar en PAUSA para poder exportar datos.

## 5 Exportación

Al elegir el menú exportar se generan 2 archivos de texto, delimitados por comas, con datos del cálculo. A continuación se describe el formato de cada uno.

### 5.1 *simurol-global.txt*

Este archivo contiene parámetros generales del cálculo (no por estación). La primera línea del mismo contiene los nombres de las variables que se exportan en cada posición (cada columna).

El archivo de esta forma puede ser importado por programas como Excel para su explotación.

Por ejemplo el contenido del archivo será:

```
time,alfaw,P,Q,R,Pdot,Qdot,Rdot,tita,fi,psi,titadot,fidot,psidot,L,M,N,Lw,Dw,CRT,Clw,Cdiw,alfaiw
2140,10.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.01,0.00,0.03,-72271.78,2871.91,0.00,1.17,0.07,-2.55
```

Se observa en la primera línea el nombre de cada variable según su ubicación.

### 5.2 *simurol-estacion.txt*

Este archivo contiene parámetros por estación resultantes del cálculo. En este caso cada línea del archivo representa una estación. La primera línea indica el nombre de cada parámetro (cada columna).

El archivo de esta forma puede ser importado por programas como Excel para su explotación.

Por ejemplo el contenido del archivo será:

```
i,time,alfa,Vf,Vr,Vcl,Vcd,Vx,Vz,Fz,Dx,CL,CLC,alfai,CDi,delta,y
1,2140,10.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,0.00,-313.87,43.77,0.25,0.99,-8.02,-0.034644,0.688163,13.46
3,2140,10.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,0.00,-896.29,93.85,0.45,1.80,-6.01,-0.047009,0.688163,13.01
5,2140,10.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,0.00,-1754.39,138.58,0.60,2.39,-4.53,-0.047153,0.688163,12.27
7,2140,10.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,0.00,-2678.25,162.61,0.70,2.81,-3.48,-0.042617,0.688163,11.25
9,2140,10.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,0.00,-3569.13,171.43,0.77,3.10,-2.75,-0.037209,0.688163,9.98
11,2140,10.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,0.00,-4366.48,171.78,0.82,3.30,-2.25,-0.032438,0.688163,8.49
13,2140,10.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,0.00,-5033.78,168.54,0.86,3.43,-1.92,-0.028731,0.688163,6.81
15,2140,10.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,0.00,-5549.09,164.54,0.88,3.52,-1.70,-0.026096,0.688163,4.97
17,2140,10.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,0.00,-5899.00,161.31,0.89,3.57,-1.57,-0.024428,0.688163,3.03
19,2140,10.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,0.00,-6075.62,159.55,0.90,3.60,-1.50,-0.023622,0.688163,1.02
20,2140,10.50,-0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,-0.00,-6075.91,159.56,0.90,3.60,-1.50,-0.023623,0.688163,1.02
18,2140,10.50,-0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,-0.00,-5898.99,161.31,0.89,3.57,-1.57,-0.024428,0.688163,3.03
16,2140,10.50,-0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,-0.00,-5549.06,164.54,0.88,3.52,-1.70,-0.026096,0.688163,4.97
14,2140,10.50,-0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,-0.00,-5033.75,168.54,0.86,3.43,-1.92,-0.028731,0.688163,6.81
12,2140,10.50,-0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,-0.00,-4366.44,171.78,0.82,3.30,-2.25,-0.032438,0.688163,8.49
10,2140,10.50,-0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,-0.00,-3569.09,171.43,0.77,3.10,-2.75,-0.037209,0.688163,9.98
8,2140,10.50,-0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,-0.00,-2678.25,162.61,0.70,2.81,-3.48,-0.042617,0.688163,11.25
6,2140,10.50,-0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,-0.00,-1754.35,138.57,0.60,2.39,-4.53,-0.047153,0.688163,12.27
4,2140,10.50,-0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,-0.00,-896.25,93.85,0.45,1.80,-6.01,-0.047009,0.688163,13.01
2,2140,10.50,-0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,115.55,-0.00,-313.84,43.76,0.25,0.99,-8.02,-0.034643,0.688163,13.46
```

Donde vemos por columna el nombre de la variable representada. En el caso de la primer columna denominada "i", indica el número de estación. La segunda columna es el tiempo en milisegundos al que le corresponden esos valores. La tercer columna es el ángulo de ataque en grados, y así sucesivamente.

- fin del documento -