



# Programa Delfín 2021

## **Reporte de Proyecto**

Esteban Toscano Pérez

Instituto Politécnico Nacional

Ingeniería Aeronáutica

# Contenido

Introducción .....	3
Objetivo.....	3
Alcance .....	3
Limitaciones.....	4
Metodología .....	4
Marco Teórico.....	5
Flujo sobre cuerpos: arrastre y sustentación .....	5
Cuerpos Aerodinámicos (perfiles aerodinámicos).....	6
Hughes Helicopters HH-002 Rotorcraft Airfoil .....	7
Turbomaquinaria: bombas y turbinas .....	8

## Introducción

El presente reporte de investigación tiene como finalidad mostrar el trabajo realizado en el verano de investigación 2021 del “Programa Delfin”, siguiendo una de las líneas de investigación correspondientes a la ficha de participación como asesor, es decir:

- Diseño Aeroespacial
- Diseño Mecánico, energías renovables y termo fluidos.

Asimismo, como fue preciso indagar en diversos temas correspondientes a la mecánica de los fluidos, debido a la naturaleza del proyecto realizado, se mencionarán algunos de estos conceptos y sus significados.

En este proyecto, fue elegido un perfil aerodinámico para estudiarlo y recrearlo, de manera que fuera posible observar diversos fenómenos al someterlo a un flujo en un túnel de viento.

### Objetivo

El principal objetivo de este trabajo consiste en desarrollar un perfil aerodinámico para estudiarlo, sometiéndolo a diversas pruebas en un túnel de viento; para de esta manera, identificar sus óptimas condiciones de operación para generar una mayor fuerza de sustentación, así como para identificar el ángulo de ataque en donde ocurriría una pérdida en la sustentación.

Asimismo, también es necesario realizar una investigación para recabar información sobre el perfil aerodinámico, y establecer una hipótesis de los posibles resultados del experimento. De esta manera, otro de los objetivos es presentar la información referente al perfil aerodinámico escogido, es decir, el “Hughes Helicopters HH-02”.

Finalmente, se presentará la información recabada al realizar las diversas pruebas con el perfil aerodinámico, de forma que se cumpla con el objetivo principal.

### Alcance

Al llevar a cabo este proyecto, buscamos estudiar de manera física el comportamiento que tiene el perfil aerodinámico sometiéndolo a pruebas en un túnel de viento “casero”, pues debido a la contingencia sanitaria causada por el COVID-19, no fue posible acudir a un laboratorio donde se pudieran llevar a cabo este tipo de pruebas.

## Limitaciones

Debido a la contingencia por el COVID-19, nos encontramos con ciertas limitantes al momento de desarrollar el proyecto, sin embargo, buscamos la forma de solucionarlas para llevar a cabo este trabajo de la manera mas satisfactoria.

Entre algunas de estas limitantes se encuentra la realización de un túnel de viento con materiales caseros para las pruebas del perfil aerodinámico, así como el uso de un perfil aerodinámico hecho con madera.

Sin embargo, las pruebas que se realizan en este trabajo atienden al estudio de los fenómenos indicados con anterioridad, es decir, la sustentación, el arrastre y las estelas formadas detrás del perfil aerodinámico.

## Metodología

Para realizar los ensayos correspondientes a este trabajo será necesaria la elaboración de un perfil aerodinámico en madera, así como la construcción de un túnel de viento con cajas de cartón.

Es importante mencionar que, para poder apreciar las líneas de flujo, será necesario el uso de un apuntador láser de color verde, el cual se colocará en la parte superior o inferior del túnel de viento, de manera normal al perfil aerodinámico. Además, se requerirá el uso de un dispositivo que permita hacer fluir pequeñas cantidades de humo, las cuales serán obtenidas al quemar papel o algún otro material que sea capaz de generar mucho humo al hacer combustión, para de esta forma, apreciar correctamente el comportamiento del flujo alrededor del perfil aerodinámico.

Una vez realizados los ensayos correspondientes, se presentará la información recabada y se relacionará con el marco teórico estudiado.

## Marco Teórico

A continuación, se presentarán algunos temas de suma importancia para la comprensión de los objetivos del proyecto, así como cierta información relevante sobre el perfil aerodinámico elegido.

### Flujo sobre cuerpos: arrastre y sustentación

Cuando hablamos de un flujo externo nos podemos referir a un flujo sobre un cuerpo determinado, en el cual los efectos viscosos están confinados únicamente a una porción de este flujo, es decir, a la capa límite y a las estelas. El estudio de este perfil aerodinámico corresponde directamente a este tipo de flujo, por lo cual es necesario mencionar algunas características de este fenómeno.

Primeramente, cuando un fluido se desplaza sobre un cuerpo sólido, ejerce fuerzas de presión normales a la superficie y fuerzas de corte paralelas a su superficie externa, cuyas resultantes son de mucho interés para el estudio de las superficies de sustentación, es decir, la *fuerza de sustentación* y la *fuerza de arrastre*.

Asimismo, es importante mencionar la existencia de dos tipos de cuerpos que pueden ser sometidos a un flujo externo, es decir, los cuerpos romos y los cuerpos aerodinámicos. En este proyecto se trabaja con un cuerpo aerodinámico, con el cual se pretende disminuir las fuerzas de arrastre causadas por una diferencia de presiones (en el área frontal del cuerpo) e incrementar la fuerza de sustentación al generar una mayor diferencia de presiones (en el área perpendicular a la dirección del flujo). En cambio, un cuerpo romo se caracteriza por oponerse al flujo de un fluido debido a su geometría, pues generalmente son cuerpos con esquinas muy pronunciadas como edificios, casas, camiones de carga, etc.

Debido a que es muy difícil calcular la fuerza de arrastre y la fuerza de sustentación, se ha optado por el uso de coeficientes adimensionales que representan qué tanta fuerza se está generando en relación con el medio en el que se mueve el cuerpo estudiado, es decir, que entre mayor sea el coeficiente de sustentación, mayor será la fuerza de sustentación que genere la superficie aerodinámica. Sin embargo, debido a la dificultad para medir la densidad y la velocidad del flujo que se usará para realizar las pruebas se optará por el análisis de las líneas de corriente y la apreciación de las estelas formadas detrás del perfil.

Este último concepto hace referencia a otro fenómeno llamado *separación del flujo*, es decir, la región formada entre el cuerpo y el flujo del fluido. En esta zona, se produce una disminución en

la presión, por lo tanto, entre mayor sea la región separada, mayor será el arrastre causado por la diferencia de presiones.

Además, la estela es el área detrás del cuerpo donde se sienten los efectos del cuerpo sobre la velocidad. Sin embargo, estos efectos no se sienten para siempre por detrás del cuerpo, sino que la región separada tiende a volver a unirse al fluido original del flujo, es decir, las líneas de corriente vuelven a tener la forma que tenían antes de tener contacto con el cuerpo en cuestión.

Este fenómeno es muy común en cuerpos romos, sin embargo, también es posible observarlo alrededor de cuerpos currentilíneos como las superficies de sustentación. Esto sucede al variar el ángulo de ataque hasta llegar a los  $15^\circ$  (aproximadamente), donde comenzará a formarse una región separada mucho más grande y la fuerza de arrastre incrementará considerablemente.

### Cuerpos Aerodinámicos (perfiles aerodinámicos)

La fuerza de sustentación juega un papel muy importante en el desarrollo de aeronaves y demás cuerpos capaces de emprender vuelo. Es por esto por lo que se han desarrollado ciertas superficies capaces de generar una diferencia de presiones en su área de planta, tal que produzcan una fuerza normal que les permita elevarse en el aire y mantener un vuelo a cierta altitud constante.

Dichas superficies son conocidas como perfiles aerodinámicos, los cuales se caracterizan por buscar aumentar la fuerza de sustentación y a su vez disminuir la fuerza de arrastre. Sus características esenciales se mencionan a continuación:



- Cuerda: distancia entre los bordes de entrada y salida.
- Envergadura: ancho de la superficie de sustentación.
- Ángulo de ataque: ángulo formado entre la cuerda del perfil y una línea horizontal.
- Área de planta: corresponde al producto de la envergadura y la cuerda del perfil.

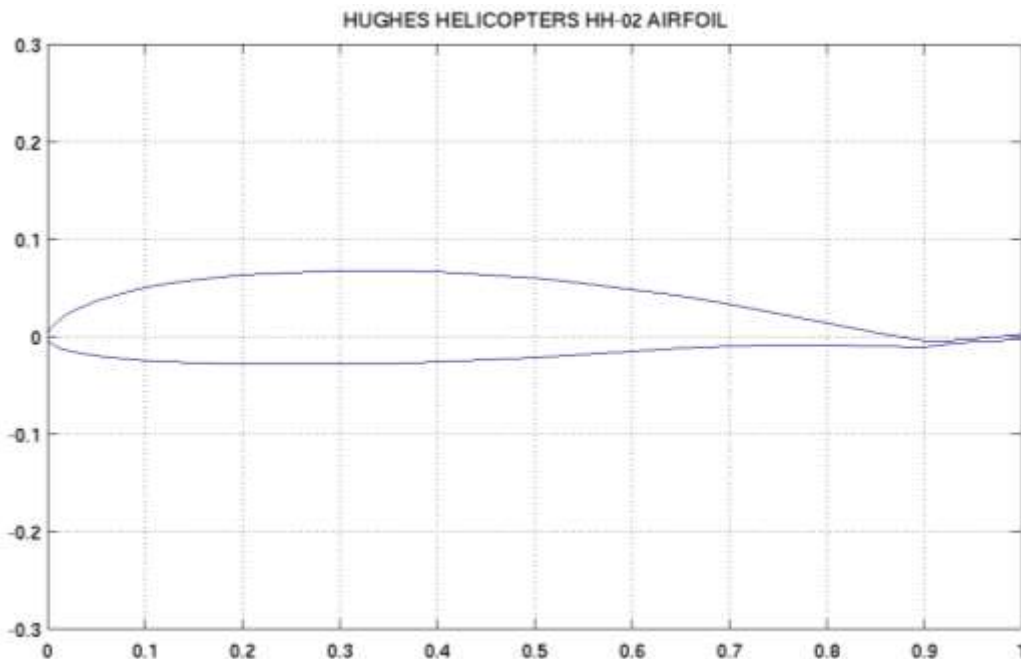
Es importante mencionar estos conceptos, pues estaremos trabajando con un objeto de esta naturaleza, es decir, el perfil aerodinámico “Hughes helicopters HH-02 rotorcraft airfoil”.

En la siguiente sección se presentará más información al respecto del perfil elegido y algunas de las aplicaciones que ha tenido a lo largo del tiempo.

### Hughes Helicopters HH-002 Rotorcraft Airfoil

Para el desarrollo de este proyecto se decidió utilizar el perfil aerodinámico “Hughes helicopters HH-02 rotorcraft airfoil”, el cual es un perfil de segunda generación usado principalmente en los helicópteros AH-64A y AH-64D (pertenecientes a la ex compañía de aviación “Hughes Aircraft”).

A continuación, se muestra una previsualización del perfil aerodinámico, obtenida de una base de datos.



## Turbomaquinaria: bombas y turbinas

Por último, es necesario incluir este tema, pues para llevar a cabo la elaboración de un túnel de viento, será necesario un dispositivo capaz de aspirar o expulsar un fluido, el cual nos ayudará a estudiar el comportamiento del perfil ya mencionado.

En primera instancia, comenzaremos por decir que una bomba es un dispositivo capaz de transmitirle energía a un fluido. En cambio, una turbina realiza la acción contraria, es decir, es un dispositivo capaz de producir energía al extraerla de un fluido.

Una vez establecida esta diferencia, podemos identificar con facilidad el tipo de turbomaquinaria que nos ayudará a cumplir con los objetivos propuestos, es decir, una bomba.

De manera general, el funcionamiento de una bomba se basa en el accionamiento de una flecha que transfiere energía a un fluido con ayuda de ciertos perfiles aerodinámicos, denominados álabes, para que de esta forma el fluido incremente su velocidad o presión.

En el desarrollo de los ensayos será utilizado un dispositivo de esta naturaleza, con el cual se busca que el fluido fluya a través de la sección de pruebas permitiendo analizar el flujo alrededor del perfil.



## Marco Práctico

En esta sección será presentado el trabajo realizado a lo largo de la estancia de investigación, es decir, la elaboración de todo el material necesario para llevar a cabo las pruebas, además de presentar la información recabada.

<https://www3.nd.edu/~ame40462/RiegelsAerofoilSections.pdf>