

ANALISIS DEL FLUJO FLUIDO DENTRO DE UN TUNEL DE VIENTO SUBSONICO EMPLEANDO MEF.

Autor: Scillone, Guillermo
e-mail: grscillone@hotmail.com
Tutor: Ing. Fernández, Huber Gabriel

Grupo de estudio de calidad en mecatrónica - GECAM
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Villa María
Avenida Universidad 450 Villa María. Córdoba

Palabras claves

Túnel de viento; Elementos finitos; Flujo fluido; Aerodinámica.

Resumen

El flujo de fluido puede estudiarse cualitativa y cuantitativamente haciéndolo desarrollar dentro de un túnel, con determinados parámetros (velocidad, presión y temperatura) que se mantienen bajo control e interponiendo en su trayectoria distintos cuerpos que se quieran observar. En ese marco, el presente trabajo persigue una doble finalidad; Mostrar las características de ese flujo, y además lograr la recopilación de datos de los fenómenos que se manifiestan en el interior de un túnel de viento subsónico, para este caso, a través de simulaciones y sus análisis pertinentes, que servirán también para contrastar con los resultados experimentales. Para la ejecución de las diversas simulaciones se hace uso de una herramienta de cálculo que emplea el método de elementos finitos (MEF) "COMSOL Multiphysics 3.4", que permite no solo simular sino también modelar los objetos de simulación y producir resultados cambiando variables y parámetros.

1. Introducción

El túnel de viento es una herramienta de investigación muy utilizada en la actualidad ya que, permite realizar estudios de las características aerodinámicas que presentan los cuerpos al interactuar con el aire o, visto desde otra perspectiva, el efecto que produce en el aire la interposición de un objeto determinado.

La importancia de esta herramienta reside en la posibilidad de realizar estudios de modelos a escala (normalmente escalas de reducción), del prototipo real. Esta posibilidad reduce los costos y mejora el diseño final del prototipo. Claro está que el uso de esta herramienta es fructífero si esta correctamente diseñada, es decir, si cada uno de sus elementos constituyentes cumple con los requisitos de funcionalidad requeridos. Uno de estos requisitos es lograr un flujo perfectamente laminar que permita evidenciar con claridad las líneas de corriente manifestadas por las partículas de humo. Otro requisito, no menor que el anterior, es mantener una presión aproximadamente constante en la cámara de análisis (sección del túnel empleada para colocar objetos y analizar sus características aerodinámicas) y un intervalo de velocidades que supere los 5 m/s y no exceda los 10 m/s. El uso de un software de simulación, como lo es COMSOL Multiphysics 3.4, permite verificar el diseño del túnel y corroborar si el mismo cumple con las condiciones exigidas.

2. Desarrollo

Como se explicitó con anterioridad, uno de los objetos de la investigación es constatar si el túnel de viento satisface las condiciones de flujo de fluido que se imponen para la ejecución de experimentos (condiciones de presión, velocidad y tipo de flujo). Para explicar de manera clara la simulación, que permite evidenciar las características del flujo en el interior del túnel, se va a dividir en las siguientes etapas:

2.1 - Definición del modelo a estudiar.

2.2 - Tipo de flujo fluido.

2.3 - Condiciones iniciales

2.4 - Mallado del dominio.

2.5 - Resultados de la simulación.

2.6 - Simulación con objetos.

2-1. Definición del modelo a estudiar

El modelo adoptado para la investigación se muestra en la figura n° 1 (Izquierda), es un modelo bidimensional dibujado con el software "COMSOL Multifysics 3.4" y representa los contornos del dominio de estudio.

En la misma figura (derecha), es posible observar una perspectiva del túnel donde se destacan las partes constitutivas del mismo, como así también las regiones de ingreso, egreso del aire y la cámara de análisis donde se colocan los objetos que se desean analizar.

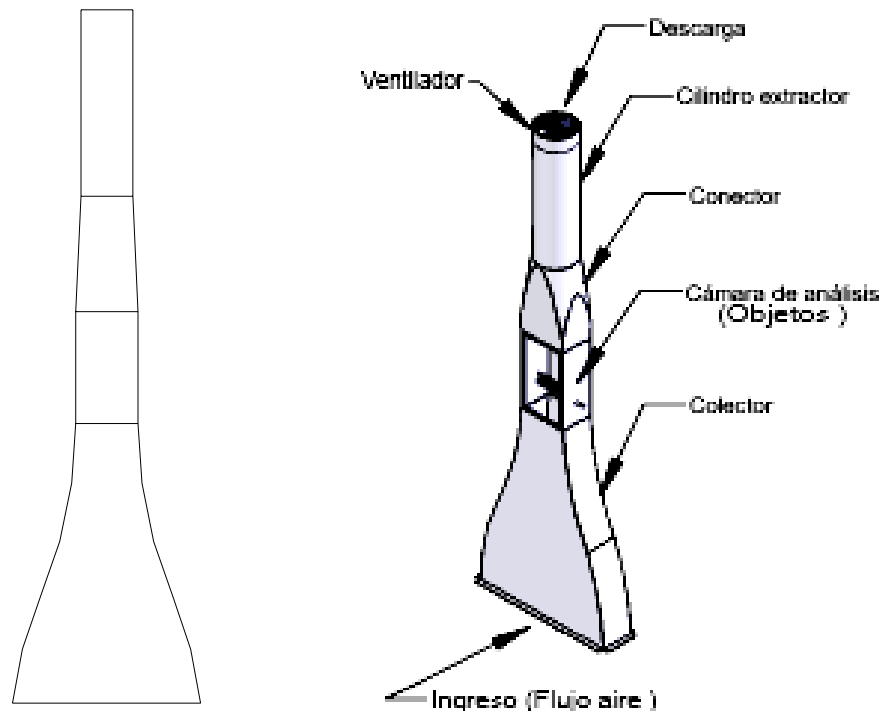


FIGURA N° 1
Modelo Bidimensional del túnel de viento (izquierda). Perspectiva del túnel de viento (derecha)

2-2. Tipo de flujo fluido

Se considera que el fluido circulante en el interior del túnel de viento cumple con las siguientes características:

- Es solamente aire (a presión atmosférica).
- Se analiza en régimen estacionario.
- Se desprecian las pérdidas de carga
- Se desprecia la variación de temperatura.
- Se supone flujo incompresible.

Las pérdidas de carga se desprecian por varias razones, una de ellas es que el túnel es de corta extensión, por lo tanto las pérdidas primarias (por fricción del fluido con las paredes de túnel) se hacen muy pequeñas. Las pérdidas secundarias son muy pequeñas también ya que no existen elementos filtrantes y las contracciones y ensanchamientos son graduales. Además, el fluido es aire y posee una viscosidad dinámica reducida.

Las variaciones de temperatura son insignificantes debido al poco tiempo de permanencia del fluido en interior del túnel. Este fundamento hace posible tomar las propiedades del aire a temperatura ambiente ($20\text{ °C} = 293.15\text{ K}$) y considerarlas constantes durante todo el proceso.

Al suponer un flujo incompresible, despreciar la variación de la densidad con la presión y la temperatura, no se incurre en un error apreciable, ya que esta variación es insignificante hasta presiones que no excedan aproximadamente el metro de columna de agua, esto es 0.1 atmósferas (información extraída de fuente especializada [1] y [2]). Para este caso, no se comete un error mayor al suponer el aire incompresible, ya que las presiones que lo someterán serán mucho menores que el límite impuesto.

2-3. Condiciones iniciales

Se supone que el fluido ingresa con una presión igual a la atmosférica a nivel del mar $P=101325\text{ Pa}$. (Primera condición) y, en la salida, se explicita la velocidad como segunda condición de borde. La velocidad de circulación del fluido en el interior del túnel esta determinada por las características del ventilador.

2-4. Mallado del dominio

Para la ejecución de la simulación es menester realizar el mallado del dominio de trabajo (región limitada por los contornos del modelo a estudiar. "Figura nº1 - Izquierda"). El tipo de malla utilizado posee elementos triangulares (consultar bibliografía pertinente [3]) y cuenta con 2624 elementos.

2-5. Resultados de la simulación

A continuación se presentan los resultados obtenidos del proceso de simulación. En la figura nº 2 se muestra, en una escala de colores, las velocidades en los diferentes sectores del túnel de viento, como así también, el patrón parabólico de velocidad en las diferentes secciones realizadas

La figura nº 3 dilucidada; Las líneas de flujo a lo largo del túnel, como se ve se manifiesta un flujo enteramente laminar, esta última, condición imprescindible para el buen funcionamiento del túnel y el campo vectorial de velocidades, a través del cual, se evidencia cualitativamente la variación parabólica de la velocidad

Superficie: Campo de velocidad [m/s]

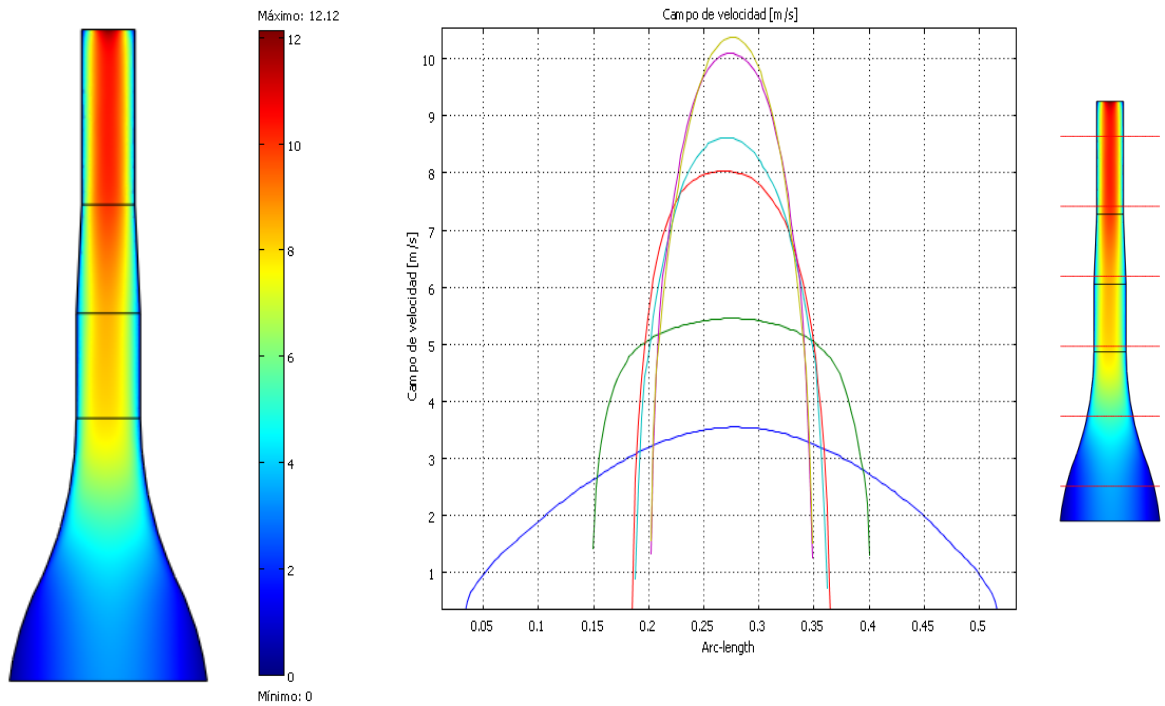


FIGURA N° 2
Velocidad de flujo en el interior del túnel de viento subsónico

Línea de Flujo: Campo de velocidad Vector: Campo de velocidad

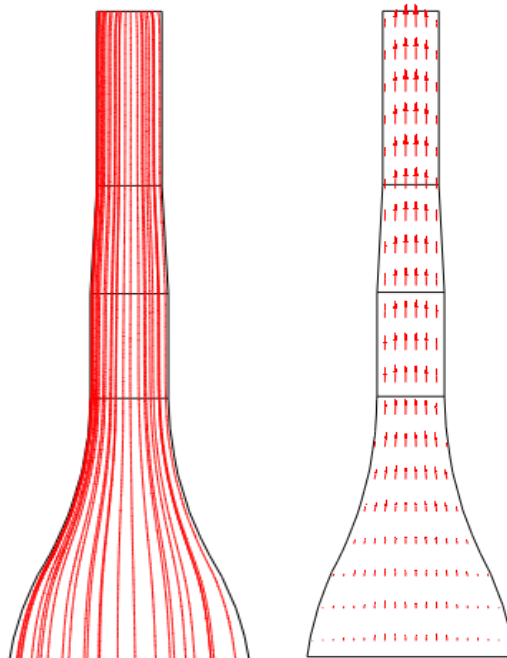


FIGURA N° 3
Líneas de corriente y campo vectorial de velocidades

La distribución de presiones se dilucida en la figura N° 4; El fluido ingresa a presión atmosférica (condición inicial de entrada) y egresa a una presión muy próxima a la atmosférica, para ser más explícito, la variación de presión entre la entrada y la salida es de 131 Pa = 0.00129 atm. Esta variación de presión, totalmente desdeñable, permite constatar la veracidad del la suposición realizada en las condiciones de flujo (flujo incompresible), ya que el cambio de densidad del aire que produce esta variación de presión es insignificante.

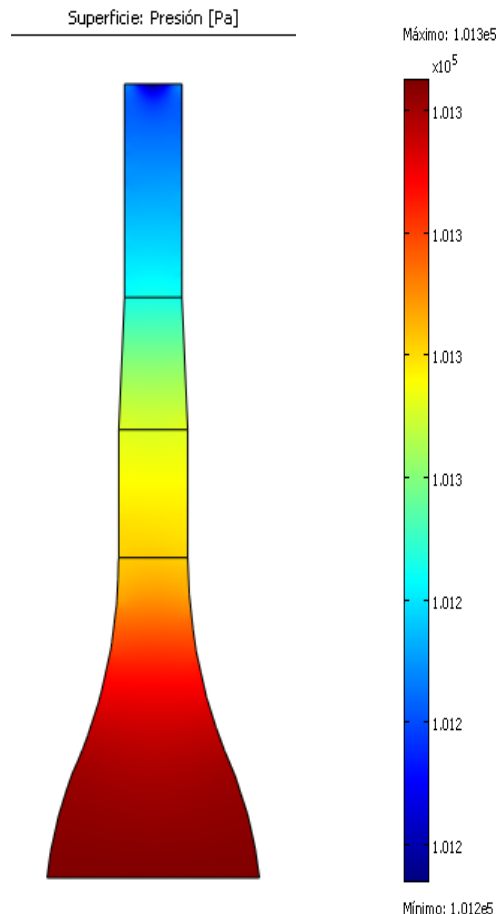


FIGURA N° 4
Distribución de presiones del flujo fluido en el túnel de viento

2-6. Simulación con objetos

A continuación, se hace uso de los resultados obtenidos con anterioridad para demostrar lo que ocurre cuando se coloca un objeto en la cámara de análisis. Con esta finalidad, y para realizar un contraste, se utiliza la geometría de dos perfiles de ala (NACA 0008 y NACA 2411), obtenidas estas de bibliografía pertinente [4]. NACA (National Advisory committee for Aeronautics – Comité para la aeronáutica consultivo nacional).

En las figuras N°5 y N°6, es posible observar el comportamiento de estos perfiles de ala. Se evidencian las variaciones de velocidad y presión para ambos perfiles, y la diferencia en el comportamiento aerodinámico que existe entre ellos.

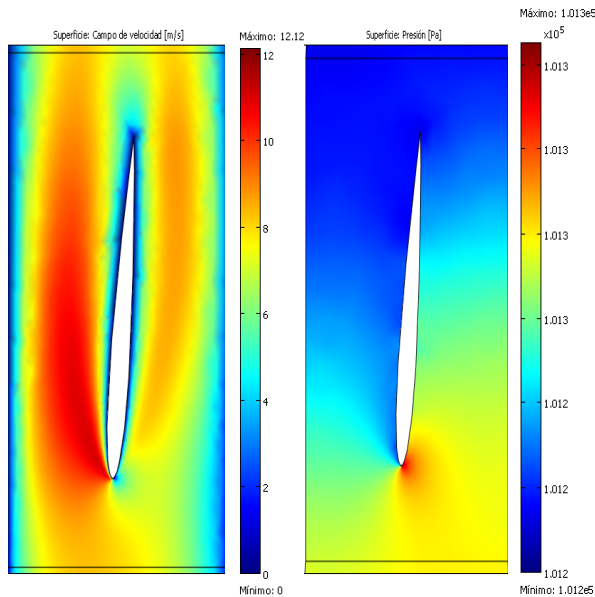


FIGURA N° 5

Distribución de presiones y velocidades en la periferia de un perfil de ala NACA 0008

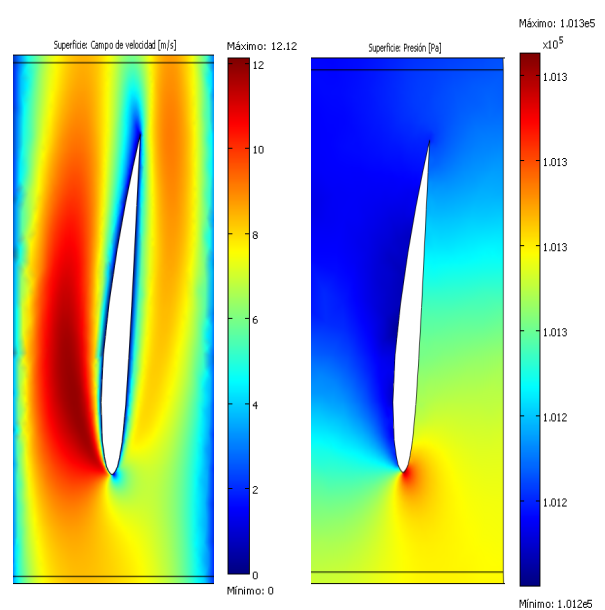


FIGURA N° 6

Distribución de presiones y velocidades en la periferia de un perfil de ala NACA 2411

3. Conclusiones

- Los resultados obtenidos del proceso de simulación permiten constatar, dentro de las limitaciones impuestas, que el túnel de viento es adecuado para realizar experimentos, esto es, es apto para dilucidar el comportamiento de las líneas de corriente que se manifiestan en los alrededores de un objeto cuando este último es analizado en el túnel.
- El estudio con los perfiles de ala evidencia las variaciones de velocidad y presión producidas en los alrededores de los mismos. Estos resultados concuerdan con las predicciones teóricas. Las variaciones de presión, mayores presiones en el intradós que en el extradós, muestran el efecto de sustentación de un ala.
- La utilización de un software de cálculo permite no solo conocer el comportamiento íntegro del fluido en el túnel, sino también alterar las condiciones tanto de flujo como de diseño y realizar modificaciones según las necesidades o imposiciones. Esta capacidad de simulación hace que el software sea una herramienta de vital importancia a la hora de diseñar.

4. Referencia bibliográfica

- [1] MATAIX, Mecánica de los fluidos y máquinas hidráulicas, Harla.
- [2] CENGEL, CIMBALA, MECANICA DE LOS FLUIDOS fundamentos y aplicaciones, Mc.Graw Hill. (2006).
- [3] COMSOL Multifysics 3.4 user`s guide.
- [4] PERFILES ALARES, Internet Explorer, Perfiles Tipo NACA.