

Si usted no puede visualizar correctamente este mensaje, [presione aquí](#)

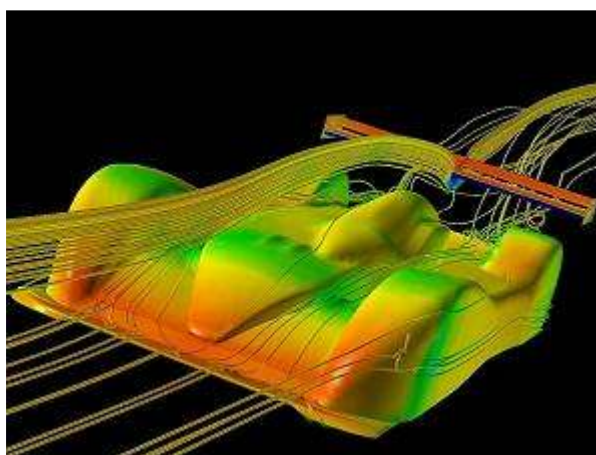


Boletín técnico de INDISA S.A.

Medellín, 20 de noviembre de 2009

No.77

**SIMULACIÓN DE FLUIDOS UTILIZANDO
COMPUTADORES
UNA MODERNA HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO Y ANÁLISIS DE
FLUIDOS**



Autor: MSc. Santiago Orrego.

Investigador, Grupo de Investigación Mecánica Aplicada.
Universidad EAFIT.

Al observar nuestro alrededor es posible contemplar multitud de fenómenos asociados a los fluidos y a las leyes que los rigen. Van desde el vuelo de un ave hasta el agua que fluye por una tubería, desde la aerodinámica de un carro de fórmula uno hasta la fricción del traje de baño de un nadador, desde las emisiones de contaminantes por parte de industrias hasta el comportamiento atmosférico del aire. A partir de la curiosidad y necesidad de comprender el trasfondo del comportamiento de los fluidos, los científicos plantearon formulaciones para su estudio utilizando las matemáticas.

GENERALIDADES

Desde la antigüedad, ya Arquímedes analizaba el comportamiento de fluidos como el

agua. Observó, entre otras cosas, cómo un fluido sometido a presión se desplaza desde la zona de mayor presión hasta la de menor. Fue ya Leonardo Da Vinci en el siglo XV quien realizó grandes contribuciones al estudio del comportamiento de los fluidos mediante el planteamiento de ecuaciones matemáticas. Uno de los trabajos más destacados fue la creación de la ecuación de continuidad o principio de conservación de masa.

Pasando por valiosos contribuyentes al desarrollo de la mecánica de fluidos, a finales del siglo XIX, fueron Claude-Luis Navier (Figura 1) y George Stokes los que formularon teorías sobre la fricción interna de fluidos de movimiento y derivaron la famosa ecuación de Navier-Stokes. Se trata de un conjunto de ecuaciones en derivadas parciales no lineales que describen el movimiento de un fluido. Al solucionar esta ecuación se puede conocer el valor de las variables de un fluido tales como velocidad, presión, temperatura, etc.



Figura 1. Claude-Luis Navier

Actualmente no se dispone de una solución general analítica para este conjunto de ecuaciones, salvo ciertos tipos de flujo y situaciones muy concretas. Debido a esto se debe recurrir al análisis numérico (utilizar computadores para realizar millones de cálculos) para determinar una solución aproximada. A la rama de la mecánica de fluidos ocupada de la obtención de estas soluciones mediante computadores se denomina dinámica de fluidos computacional (CFD, de su acrónimo anglosajón *Computational Fluid Dynamics*).

DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL: DEFINICIÓN

La dinámica de fluidos computacional es una de las rama de la mecánica de fluidos que usa métodos numéricos y algoritmos para estudiar y analizar problemas que involucran fluidos en movimiento, mediante la solución de las ecuaciones de Navier-Stokes, transferencia de calor e incluso otras (reacciones químicas) en el computador. Existen diferentes métodos numéricos y algoritmos que resuelven de distinta forma las ecuaciones fundamentales.

En otras palabras, la dinámica de fluidos computacional es el arte de reemplazar los sistemas de ecuaciones diferenciales parciales en un sistema algebraico de ecuaciones que pueden ser resueltas usando computadores.

Un dato curioso es que actualmente han pasado más de 150 años después de la definición de las ecuaciones de Navier-Stokes, y es entonces cuando se están pudiendo resolver mediante técnicas de cálculo aplicadas en computadores. Incluso alguna vez ofrecieron una alta cantidad de dinero a la persona que fuera capaz de resolverla analíticamente. La siguiente figura muestra una imagen de un ejemplo de los resultados (campo de presiones) de una simulación CFD al transbordador espacial.

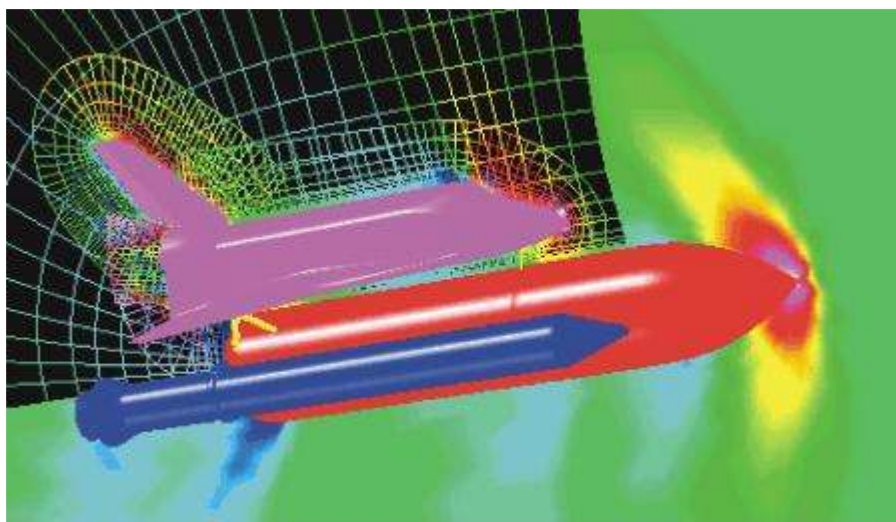


Figura SEQ Figura * ARABIC 2. Shuttle. Aerosoft©

La historia de la CFD, como es lógico, va ligada a la evolución de los ordenadores. Surgió en la década de los 70 como medio para simular fluidos en movimiento, aunque para situaciones muy simples en aplicaciones aeroespaciales e industrias donde la predicción del comportamiento del flujo era importante. Con la evolución de los supercomputadores y con el desarrollo de nuevas técnicas numéricas, los problemas que se podían resolver eran cada vez más complejos. Ya a principios de los años 80 resolvían las ecuaciones de Euler en dos y posteriormente en tres dimensiones. A mediados de la década de los 80 se fue desplazando el interés hacia los fluidos viscosos y por tanto hacia la resolución completa de la ecuación de Navier-Stokes.

En los 90 el uso de la CFD se ha expandido de forma significativa a distintas aplicaciones y procesos industriales en los que interviene transferencia de calor, reacciones químicas (como combustión), flujos bifásicos, cambios de fase, transferencia de masa y esfuerzos al interactuar con sólidos, entre otros.

Actualmente el uso de esta herramienta ha cambiado radicalmente. Ha pasado de ser empleado solo a nivel de investigación a ser utilizado como una potente herramienta en problemas aplicados de ingeniería de carácter industrial.

CONCEPTOS BÁSICOS

La dinámica de fluidos computacional proporciona información cualitativa y cuantitativa de la predicción del flujo de fluido por medio de la solución de las ecuaciones fundamentales usando métodos numéricos.

La CFD permite a los científicos e ingenieros desarrollar "experimentos numéricos" (simulaciones computacionales) en un "laboratorio virtual" (computador). Estos experimentos permiten predecir comportamientos y conocer datos de las variables involucradas en el proceso. Por ejemplo, un diseñador requiere conocer el comportamiento aerodinámico del ala de un avión (datos de velocidades, presiones y fuerzas alrededor del ala). Con la herramienta CFD se puede "montar" un experimento virtual que permita conocer en detalle el valor y comportamiento de las variables necesarias en un determinado escenario. La información generada es importante y clave para comprobar el diseño y mejorar la eficiencia y comportamiento del ala. La figura 3 muestra una imagen comparativa de los resultados obtenidos por métodos experimentales y métodos numéricos, sobre un mismo escenario y problema.

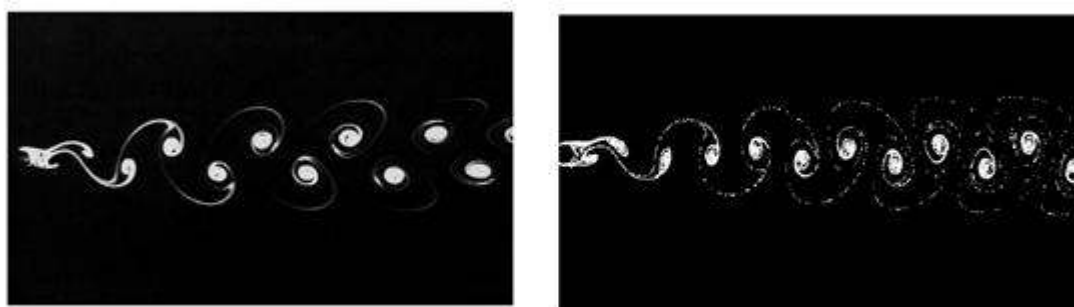


Figura 3. Vórtices de Von Karman. Kuzmin©

APLICACIONES

En la actualidad son múltiples los campos a los que se aplican la dinámica de fluidos computacional. La industria del automóvil es uno de estos campos, donde, por ejemplo, se puede simular el comportamiento aerodinámico del coche, de hecho las escuderías de fórmula uno emplean este tipo de software para mejorar el rendimiento de sus coches. También en el ámbito deportivo cabe destacar el uso en estudios aerodinámicos en el ciclismo, de diseño de embarcaciones e incluso en diseño de ropa de baño de alta competición.

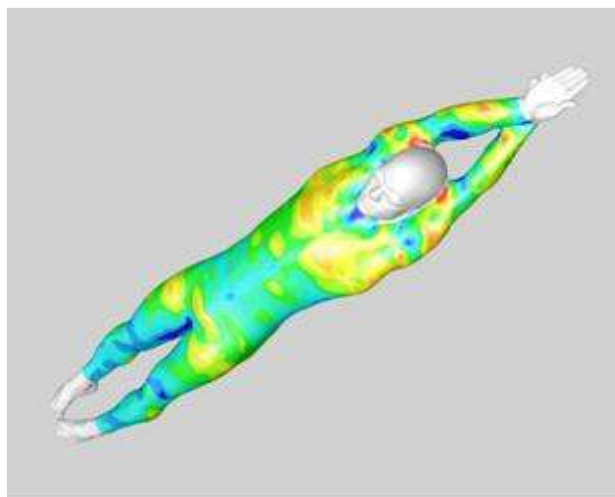


Figura 4. Resultados de simulación CFD a un nadador (Presiones). Ansys Fluent©

Otro campo de actuación es la ingeniería medioambiental. Los problemas que aborda en este ámbito son la dispersión de contaminantes en diferentes entornos: ciudades, dentro de calles, en complejos industriales. Para ello también calculan los campos de viento y otras variables atmosféricas que caracterizan las distintas situaciones. Incluso se han empleado en situaciones biomédicas donde se ha simulado el flujo sanguíneo por las arterias. Otros problemas a los que son aplicables son a procesos donde se produzcan reacciones químicas como puede ser la combustión en un horno o situaciones de intercambio de masa y calor. Y así se podría seguir enumerando el amplio espectro de campos en los que los software de CFD son de gran utilidad. La figura 5 muestra el comportamiento de las corrientes de viento convectivo que se forman en el Valle de Aburra (Medellín, Colombia).

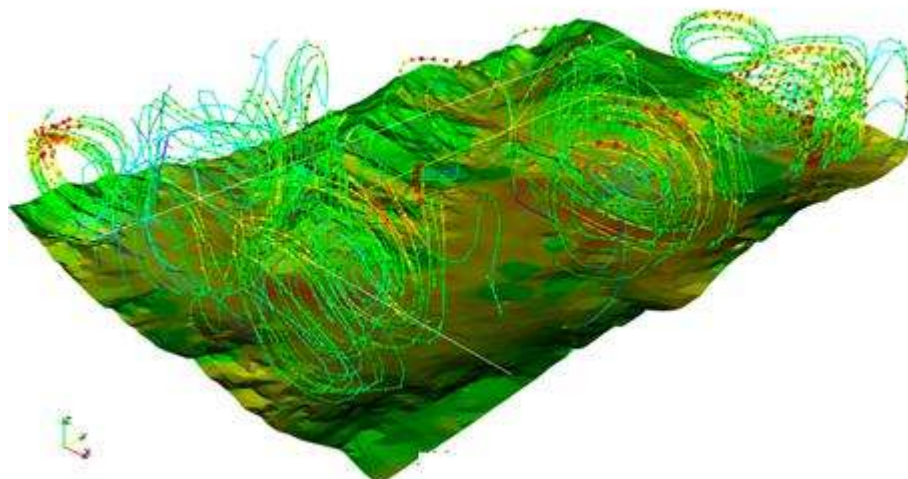


Figura 5. Vientos convectivos sobre el Valle de Aburrá. Mecánica Aplicada EAFIT©

Usando CFD es posible construir un modelo computacional que represente un sistema o equipo que se quiera estudiar. Después se especifican las condiciones físicas y químicas del fluido al prototipo virtual y el software entregará la predicción de la dinámica del fluido. Por lo tanto, CFD es una técnica de diseño y análisis implementada en el computador. La herramienta CFD ofrece la capacidad de simular flujos de gases, líquidos, transferencia de masa y calor, cuerpos en movimiento, física multi-fases, reacciones químicas, interacción fluido-estructura y acústica a través de la modelación en el computador.

Las posibilidades de aplicación de la CFD a distintos procesos son enormes. Algunos ejemplos son:

- Sistemas de calefacción, ventilación, climatización y refrigeración
- Aeroespacial/Defensa: perfiles de alas, misiles y estudios de aerodinámica externa
- Industria agroalimentaria: procesado y envasado de alimentos, diseño de equipos
- Industria automoción: aerodinámica, combustión en motores, componentes
- Energía: petróleo, gas, nuclear, generación eléctrica, turbomaquinaria, células de combustible
- Industria química: combustión, filtración, mezcla, separadores, reactores
- Industria electrónica: semiconductores, enfriamiento de elementos
- Industria biomédica.
- Industria naval.
- Industrias del metal.
- Industria deportiva: automovilismo, vela, estadios.
- Medio ambiente.
- Control de polvos.

METODOLOGÍA - Como trabaja el CFD?

Una simulación numérica está compuesta por 3 etapas: pre procesamiento, procesamiento y pos procesamiento. Durante la etapa de pre procesamiento se genera la geometría, el enmallado y configuración de la simulación. Durante la etapa de procesamiento se resuelven numéricamente las ecuaciones fundamentales y la etapa de pos procesamiento está definida por la visualización y análisis de resultados

Una simulación CFD comienza con la modelación geométrica CAD del dominio a analizar, es decir representar en el computador la geometría de lo que se quiera simular. Este dominio representa el fluido sobre el cual se quiere tener información, analizar y predecir

el comportamiento. Actualmente existen diversos softwares comerciales especializados únicamente en generar modelaciones CAD. Algunos de ellos son: Pro Engineer, Catia, Solid Works, Solid Edge, etc.

Una vez se tenga el dominio computacional o modelo CAD del fluido, éste se discretiza o divide espacialmente en celdas para formar una malla o grilla. Las mallas pueden ser regulares, definidos por celdas en formas de triángulos (2D) o en tetraedros (3D), o pueden ser regulares definidos por celdas en formas de cuadrado (2D) o hexaedros (3D). Las propiedades físicas del fluido, tales como temperatura o velocidad, son calculadas en cada uno de estos volúmenes como solución de las ecuaciones fundamentales. Un mayor número de elementos necesita mayor capacidad computacional. La figura 6 muestra el resultado de discretización (enmallado) de los componentes de una turbina Francis, realizado con un software llamado ICEM CFD.

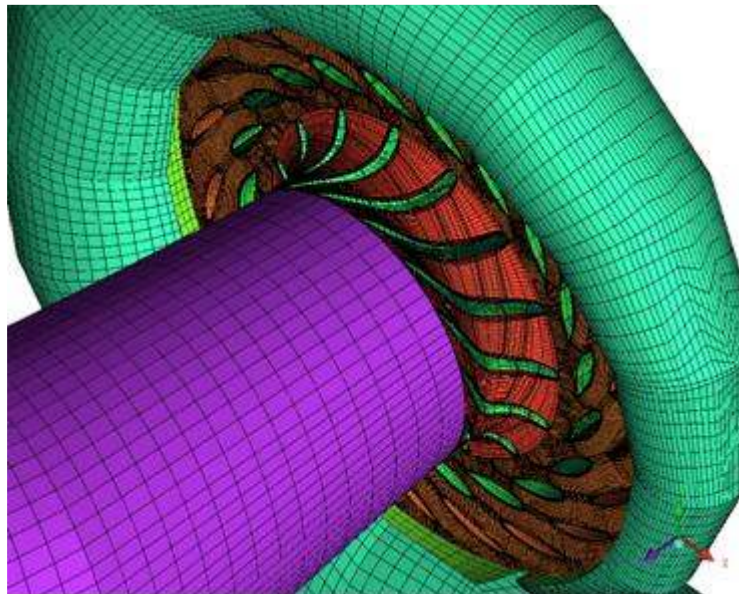


Figura 6. Enmallado regular de una turbina Francis. Mecánica Aplicada EAFIT©

Luego de dividir el modelo geométrico en celdas se procede a generar la configuración de la simulación. Esto significa establecer materiales, velocidades en el contorno de la geometría, modelos adicionales para el análisis, etc.

Una vez terminada la etapa de pre procesamiento continúa la etapa de solución de las ecuaciones. Los tiempos de cómputo dependen de varios factores: número de elementos, especificaciones del equipo usado, configuración de la simulación. Posterior a la solución se procede a analizar los resultados, sacar conclusiones y por lo general a volver a correr otra simulación. La figura 7 muestra la comparación de la estela de humo de un incendio, registrado mediante métodos experimentales y numéricos.

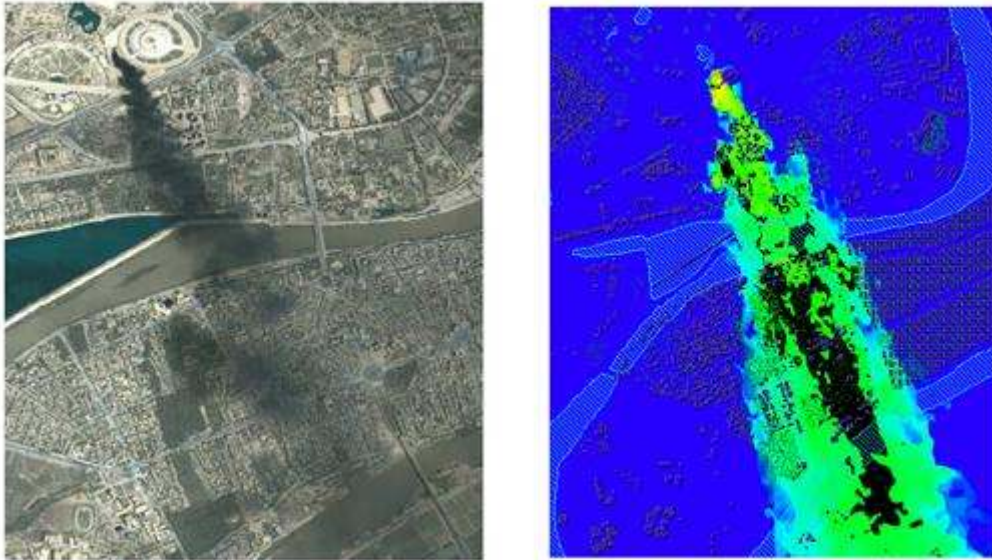


Figura 7. Estela de humo. Kuzmin ©

Si requiere más información sobre este tema puede comunicarse con Santiago Orrego al e-mail sorrego1@eafit.edu.co o con el Grupo de Investigación Mecánica Aplicada de la Universidad EAFIT a través de su página <http://mecanica.eafit.edu.co>

NOVEDADES



El día 25 de noviembre del 2009 se realizará en la ciudad de Cali el **Seminario de Bombas aplicado a Procesos Sanitarios** a cargo del IM Nelson Sanchez Mosquera, Jefe de Línea Equisol - Alfa Laval, con experiencia en transporte de fluidos de más de 5 años. El seminario tendrá una duración de 3 horas.

El día 19 de noviembre del 2009 se llevó a cabo en el Club Unión de Medellín la **Segunda Jornada Académica Ambiental 2009 "Mecanismos de reducción de la contaminación atmosférica. Casos prácticos"**. Se contó con la participación de empresas afiliadas a la ANDI, entre ellas:

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Grupo G.I.G.A Universidad de Antioquia.
- ANDERCOL S.A
- Industrial Colombiana del Café COLCAFE.
- INDISA S.A.

La participación de Indisa estuvo a cargo del ingeniero Enrique Posada.



Si usted no recibe esta publicación directamente de INDISA S.A. o si desea recomendarnos a alguien para que la reciba, [presione aquí](#)

Para consultar las ediciones anteriores del boletín INDISA On line, puede entrar a <http://indisaonline.8m.com/>. En esta página se encuentran todos los boletines en formato de página web, para que usted pueda grabarlos en su computador e imprimirlos.



Tel: (574) 2605533

Medellín-Colombia

mercadeo@indisa.com.co

<http://www.indisa.com.co/>