

Capítulo 2. El método de los elementos finitos

En este capítulo se hace una introducción general al método de los elementos finitos (MEF), sus usos y cómo es capaz de resolver problemas complejos, muchos de ellos irresolubles por otros métodos.

1. Introducción

La mayor parte de los fenómenos físicos pueden ser descritos o modelados mediante un conjunto de ecuaciones diferenciales con sus correspondientes condiciones iniciales y de contorno. En la mayoría de los problemas ingenieriles no es posible obtener una solución exacta al sistema de ecuaciones. Por tanto, es necesario el uso de métodos que permitan obtener soluciones numéricas aproximadas a la real.

El método de los elementos finitos es uno de los métodos más usados en ingeniería y física para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales. Aunque puede usarse en cálculos a mano, es cuando se utilizan computadoras cuando permite la resolución de problemas sobre geometrías complicadas. La variedad de problemas a los que puede aplicarse es enorme, se usa en el diseño y mejora de productos y aplicaciones industriales, así como en la simulación de sistemas físicos y biológicos complejos. En ingeniería permite cálculos tan diversos como tensiones, fluidodinámica, transferencia de calor...

Aunque el método de los elementos finitos como formulación matemática es relativamente nuevo, su estructura básica es conocida desde hace bastante tiempo. En los últimos años ha sufrido un gran desarrollo debido a los avances en computación. La generalización del uso de ordenadores y el fenomenal incremento en la potencia de cálculo, ha permitido que el MEF haya desarrollado una increíble precisión. A su vez, han ido apareciendo una gran cantidad de software, cada vez más especializados por materias, que permiten realizar cálculos con elementos finitos de una manera sencilla. Pero no hay que llevarse a engaño, el manejo correcto de este tipo de software exige un profundo conocimiento no solo del programa con el que se trabaja, sino también de los principios del MEF. Sólo en ese caso estaremos en condiciones de garantizar que los resultados obtenidos en los análisis se ajustan a la realidad.

2. Definición del método

El método de elementos finitos es un método de aproximación de problemas continuos de forma que:

- Se aproxima la geometría (discretización física). El medio continuo se divide en un número finito de partes, o *elementos*, cuyo comportamiento se define mediante un número finito de parámetros asociados a ciertos puntos característicos, denominados *nodos*. Los nodos son los puntos de unión entre elementos adyacentes.

- La solución del sistema completo sigue las reglas de los problemas discretos. El conjunto se forma por el ensamblaje de los elementos.
- Las incógnitas del problema dejan de ser funciones matemáticas y se aproximan por el valor de la función en los nodos (discretización matemática).
- El comportamiento dentro de cada elemento queda definido a partir del comportamiento de los nodos mediante las llamadas *funciones de forma* (o de *interpolación*).

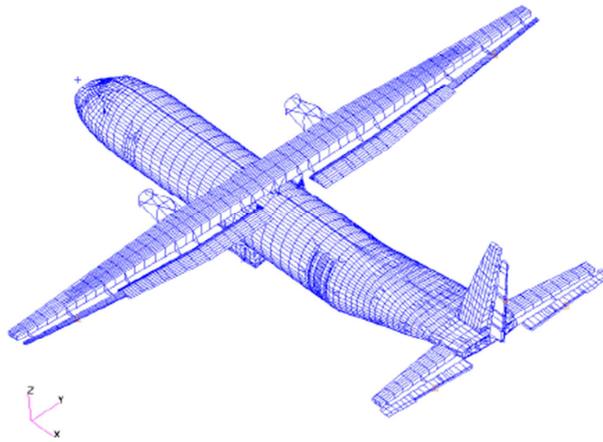


Fig. 23. Discretización física de un sólido: avión de transporte

El MEF, por tanto, se basa por un lado en transformar un cuerpo de naturaleza continua en un modelo discreto aproximado, esta transformación se denomina *discretización del modelo*. Por otro lado las incógnitas del problema se aproximan en cada elemento por combinaciones de funciones de pequeño soporte definidas en los nodos del mismo, así se reducen las variables al conocimiento de un número determinado y finito de puntos. Esto se conoce como *discretización matemática*.

3. Funcionamiento de un programa de elementos finitos

Los programas de elementos finitos disponen de tres módulos de trabajo:

- 1) **Pre-procesador**. Es donde se construye el modelo para el cálculo. En dicho módulo se realizan las siguientes operaciones:
 - Definición de la geometría, bien dibujándola directamente o importándola de un modelo CAD.
 - Selección del tipo de elemento o elementos a emplear. Se realiza en función del tipo de cálculo a realizar.
 - Definición de los materiales a emplear, pueden obtenerse de librerías o ser definidos por el usuario. Lo segundo es lo común cuando se emplean materiales de propiedades no lineales o anisótropos.

- Asignación de elementos y propiedades de material a los diferentes componentes del modelo.
 - Generación de malla.
 - Aplicación de las cargas y condiciones de contorno del modelo.
- 2) **Calculador.** Es la parte del programa que realiza todo el cálculo del MEF y genera las soluciones. Sigue los siguientes pasos:
- Selección del tipo de cálculo: transitorio, armónico, estático,...
 - Configuración de los parámetros de cálculo: incrementos de tiempo, número de intentos, memoria y procesadores disponibles,...
 - Cálculo propiamente dicho. En función del software comienza con una comprobación previa del modelo.
- 3) **Post-procesador.** Con esta herramienta se representan visualmente los resultados y permite de una forma sencilla la interpretación de los resultados. Es posible aplicar operaciones de suavizado, interpolación e incluso determinación de errores de aproximación.

Dependiendo del software, las funciones descritas anteriormente pueden encontrarse dentro del mismo programa o ser programas diferentes. Existe la posibilidad de utilizar diferentes paquetes de software para cada una de las operaciones. Por ejemplo, puede resultar más cómodo el entorno gráfico de uno pero considerarse que para un tipo de cálculo es más efectivo el algoritmo de otro software.