

Capítulo 3

PRINCIPIOS DE MODELACIÓN DE EVENTOS MECÁNICOS EN ALGOR FEA.

3.1.Introducción

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la modelación de eventos mecánicos usando el método de elementos finitos, es la veracidad de los resultados, ya que si bien es cierto que la técnica de elementos finitos nos es exacta desde sus fundamentos por ser un método numérico para la solución de ecuaciones, tenemos que añadir aun un factor de error mayor debido a la modelación y a los problemas para generar diseños en CAD fiables, que sean representativos del modelo físico real y que las condiciones de operación y de frontera de los modelos.

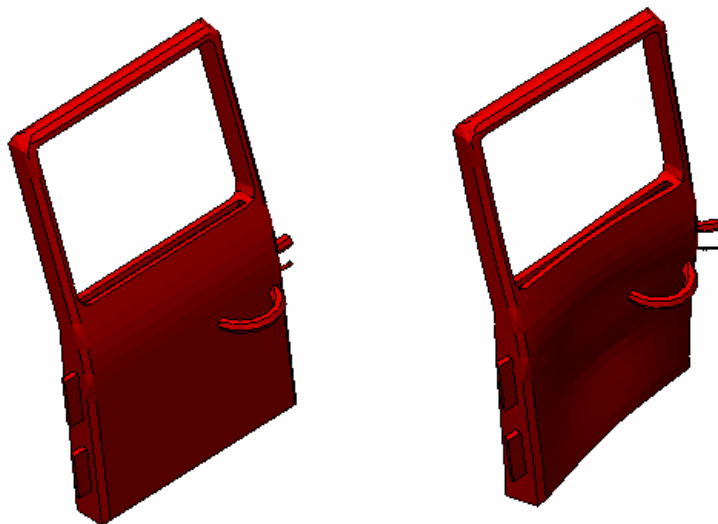


Ilustración 3-1 Modelación en MES de Impacto en Puerta.



Básicamente, el método de elementos finitos presenta 2 grandes desventajas, el primero es que es un método numérico y su precisión depende de la cantidad de nodos que se puedan incluir en una sola pieza, ya que a mayor número de nodos, se obtiene un resultado mucho más certero, sin embargo, un mayor número de nodos, también representa una mayor cantidad de ecuaciones y por lo tanto, una mayor cantidad de recursos computacionales empleados para la solución de dichas ecuaciones y a su vez también representa tiempo – máquina empleado para tener un resultado.

La segunda desventaja que tiene el método de elementos finitos, es la modelación, ya que para que una simulación sea representativa de los fenómenos físicos estudiados, tiene que considerarse los factores más preponderantes que afecten directamente los resultados. Por ejemplo, al estudiar una pieza sometida a cargas estáticas, en la vida real, también está afectada por el coeficiente de expansión térmica y por lo tanto, los resultados serán afectados también por la temperatura a la que se encuentre la pieza, pero dado que la magnitud de las cargas estáticas exceden por gran medida este factor, es entendible asumir que la temperatura, la gravedad o algún otro factor, no nos afecta en la determinación de esfuerzos de la pieza estudiada, pero tenemos que estar conscientes que los resultados no son la realidad, es una aproximación.

Es básicamente por estas razones, por lo que el futuro de la ingeniería asistida por computadora, se encuentra ligada en la habilidad de representar de forma precisa el comportamiento natural de un fenómeno.



ALGOR FEA, cuenta con una gran variedad de módulos aplicados a diferentes campos de estudio, pero uno de los más importantes, es el módulo de simulación mecánica de eventos, o por sus siglas en inglés MES (Mechanical Event Simulation) ya que dentro de este módulo, el usuario puede simular diferentes escenarios y situaciones de tal modo que ingenieros de cualquier disciplina, puedan tener una idea acerca del desempeño de sus diseños.

El módulo MES, brinda la posibilidad de realizar análisis cinemáticos en función del tiempo, empleando el método de elementos finitos, lo que provee la facultad de analizar y simular de forma simultánea, flexiones, movimiento y en si, la interacción dinámica de un ensamble de piezas.

Existen algunos otros programas en el mercado para el análisis dinámico y cinemático, pero las ventajas que MES de ALGOR presenta sobre algún otro software, además de su disponibilidad en la universidad para la realización de este estudio, es que no cuentan con interfases que permitan determinar la interacción entre las superficies de contacto del ensamble de piezas, por lo que los procesos típicos de transferencia de cargas de una pieza que tenga condiciones de frontera a una pieza ensamblada desde estos programas, no es posible y por lo tanto se tendría que analizar pieza por pieza estimando dicha transferencia de cargas y la precisión de los resultados no sería del todo confiable.

Entre alguno de los detalles más importantes que ofrece el módulo MES de ALGOR, es que por medio de este software se pueden calcular las cargas y esfuerzos



cuando tiene lugar el movimiento de piezas, en el lapso de tiempo determinado, facilitando el proceso de diseño ya que se elimina la necesidad de especificar las cargas y se le pueden añadir velocidades y aceleraciones a determinada pieza. Por estas razones, MES requiere de un solo modelo el cual es complementado por sus condiciones de frontera y la información FEA comúnmente empleada, mientras que otros programas requieren de modelos separados de FEA y modelos cinemáticos.

Otra de las características de este software, es que ofrece la posibilidad de modelación de materiales no lineales, lo que amplía la posibilidad de implementaciones, ya que como sabemos, en análisis dinámicos, dado a la naturaleza del fenómeno, comúnmente se presentan cargas de gran magnitud que pueden llevar fácilmente a nuestros diseños al punto de cedencia, y evaluar modelos sometidos a cargas dinámicas que tengan un comportamiento plástico, es de gran utilidad cuando se pretenden evaluar colisiones entre objetos y el desempeño de diseños para resistir la colisión, incluso cuando la energía de ésta, sobrepase la energía de cedencia del material empleado para el diseño. Es por estas características, por lo que para la presente investigación, el uso de ALGOR MES y su aplicación en materiales no lineales, permitirá analizar la colisión frontal de la estructura del TUBOLARE y evaluar la interacción del DUMMY empleado dentro del modelo.



3.2. Características de ALGOR MES

3.2.1. Beneficios de ALGOR MES.

La simulación de eventos mecánicos MES, es capaz de mostrar el comportamiento posterior al fallo, de tal modo que se puede diseñar productos que, en caso de que ocurra un fallo, este será de un modo predecible y controlado. De esta manera, se podrá usar MES, para optimizar el comportamiento de componentes, reproduciendo los resultados del laboratorio o de campo, pero sin el tiempo y los costos a ellos. La experiencia acelerada de diseño, podrá ser aplicada en otros proyectos.

Los productos de ACCUPAK, trabajan desde programas de CAD o conectados de algún modo a dichos programas. Debido a que los ficheros de modelado del CAD llegan a constituir el centro del ciclo del proceso de diseño, ALGOR trabaja directamente con dichos modelos o con formatos de fichero universales.

Con este tipo de análisis se pueden obtener productos más seguros, en un menor tiempo y siempre al menor costo, ya que evita las pruebas destructivas y el tiempo de espera de los laboratorios, además de que permite probar inmediatamente posibles mejoras al diseño sin necesidad de complejas transferencias.

3.3. Matemática de una colisión en ALGOR MES.

El análisis de tensión estático tradicional, esta basado en la ley de Hooke, la cual dice que la fuerza F es igual a la rigidez K, multiplicada por el desplazamiento, D, ó $F=Kd$, donde la fuerza y la rigidez deben ser conocidas para obtener los desplazamientos.

$$[M]\{a\} + [C]\{v\} + [K]\{d\} = 0$$

Ecuación 3-1

Donde:

[M] = Matriz de masa

{a} = Vector de aceleración

[C] = Matriz constante

{v} = Vector de velocidad

[K] = Matriz de rigidez

{d} = Vector de desplazamiento

La cinemática tradicional de cuerpo rígido, esta basada en la segunda ley de Newton, que establece que la fuerza es igual a la masa multiplicada por la aceleración, o $F = ma$. La simulación de eventos mecánicos combina la segunda ley de Newton con la ley de Hooke, y por tanto la ecuación fundamental de la simulación de eventos, es $ma = Kd$. La simulación de eventos MES, simultáneamente reproduce el comportamiento de flexión dinámico de un componente o mecanismo para estimar los esfuerzos que puedan resultar del movimiento o de la interacción entre componentes de otros objetos independientes. Las principales ventajas de esto son:



- Eliminación del cálculo de fuerzas, ya que el programa calcula las tensiones basándose en la física del evento.
- Visualización en tiempo real, donde se detecta como el diseño opera en la simulación.

La simulación de eventos incluye modelos de materiales lineales y no lineales, que permite estudiar el comportamiento del sistema. Los fenómenos o sistemas dinámicos se pueden representar frecuentemente por medio de ecuaciones diferenciales ordinarias y, en muchos casos, con gran fidelidad. El miembro izquierdo de la ecuación de la ecuación diferencial en su forma normal, representa el mecanismo de respuesta del sistema.

El miembro derecho de la ecuación, se refiere a la entrada o excitación del sistema (masa y aceleración). Nos referimos a sistemas continuos pero cuyas entradas pueden ser continuas o discontinuas. El mecanismo de respuesta del sistema se representa mediante una relación de las coordenadas y sus derivadas. Para simplificar la formulación conviene utilizar en la misma el mínimo número de coordenadas, es decir, el correspondiente a los grados de libertad. El conjunto de dichas coordenadas y sus derivadas, excepto las de más alto orden constituyen las variables de estado. El problema de simulación se conoce, además se conoce la configuración inicial del sistema, es decir el valor inicial de las variables. Para accionar un sistema dinámico se requiere violar su estado de equilibrio.

Se distinguen dos maneras de implementar dicha violación:

1. Mediante una configuración inicial que satisfaga las condiciones de equilibrio. En tal caso, el sistema actuará para restablecerlo.
2. Mediante la aplicación de un agente externo cuyas características son función del tiempo y que, por lo tanto, alteran el equilibrio durante el transcurso del proceso dinámico. La aplicación de dicho agente constituye la excitación del sistema.

Un sistema sin excitación se denomina libre, mientras que un sistema con excitación se denomina forzado. El mecanismo de respuesta del sistema tiene ciertas características constantes que se denominan parámetros.

Ejemplo 1:



Ilustración 3-2 Sistema masa-resorte-amortiguador.

Para establecer el modelo matemático del sistema masa-resorte-amortiguador que se presenta en la figura 4.1 debemos tener en consideración la coordenada referente al único grado de libertad que es x , el desplazamiento de la masa. El mecanismo de respuesta se puede describir de acuerdo a la segunda ley de Newton que liga las fuerzas actuando sobre el sistema a las aceleraciones resultantes. Por lo tanto, las más alta de las derivadas que



aparecen en la ecuación diferencial o modelo será la aceleración o \ddot{x} . Recurriendo al diagrama de cuerpo libre para establecer el modelo del mecanismo de respuesta se tiene:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= ma_x \\ -c\dot{x} - kx &= m\ddot{x} \\ \therefore m\ddot{x} + c\dot{x} + kx &= 0\end{aligned}$$

Ecuación 3-2

Este es un sistema libre puesto que el miembro derecho es nulo y tiene un desplazamiento inicial.

$$x(0) = 1$$

Por lo que el sistema accionará para volver eventualmente a su posición de equilibrio.

$$x = 0$$

Así pues el modelo matemático completo está dado por la ecuación diferencial de movimiento.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$

Ecuación 3-3

Los parámetros del sistema son:

m = masa en movimiento.

c = constante del amortiguador.

k = constante del resorte.

Y las condiciones iniciales

$$x(0) = 1$$

$$\dot{x}(0) = 0$$

3.4. Parámetros y Procedimientos de modelación.

3.4.1. Contacto y fricción

El usuario de ALGOR, puede simular contacto dinámico en eventos en los que se da interacción entre varios objetos, usando bien la opción de contacto entre superficie o bien los elementos de contactos generalizados. Simular movimiento junto con contacto es una característica de MES, ya que permite al ingeniero determinar las fuerzas del impacto si este existiese en la simulación.

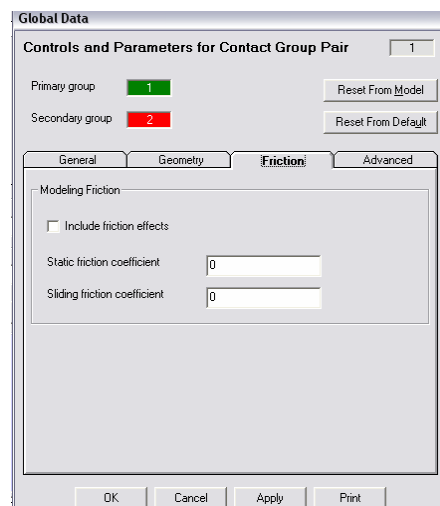


Ilustración 3-3 Menú de Fricción en MES.

El contacto entre superficies, simula de forma automática la interacción entre un número “ilimitado” de superficies involucradas, permitiendo que la física del evento se desarrolle tal y como se planteó en el modelo.

Cabe recalcar que es limitado el análisis y el número de superficies analizadas dependiendo de las capacidades del equipo computacional. La utilidad de superficies de contacto, es especialmente útil en escenarios en los que se considera la fricción. El software considera la fricción con los coeficientes de fricción estática y dinámica entre las superficies involucradas.

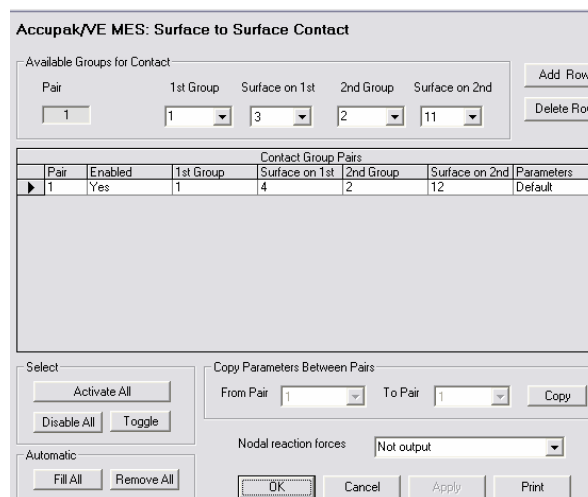


Ilustración 3-4 Menú de Interacción de Superficies en MES.

Por otro lado, el contacto generalizado permite especificar de forma simultánea los fenómenos de contacto, acoplamiento, amortiguamiento, ruptura y fuerza de residencia (solo de forma normal al contacto y dirección vectorial). Los elementos de contacto generalizados, pueden ser generados de forma automática ente conjuntos de elementos interconectando nodos. Están disponibles elementos de contacto, acoplamiento y amortiguamiento por separado, en eventos donde solamente uno de ellos esta involucrado para un análisis dinámico concreto.

Los elementos de contacto determinan como componentes múltiples de un mecanismo se comportan cuando entran en contacto. Entre la información que requieren estos elementos para su uso en un sistema, se encuentran, la rigidez del elemento, el área de sección, longitud y distancia de contacto.

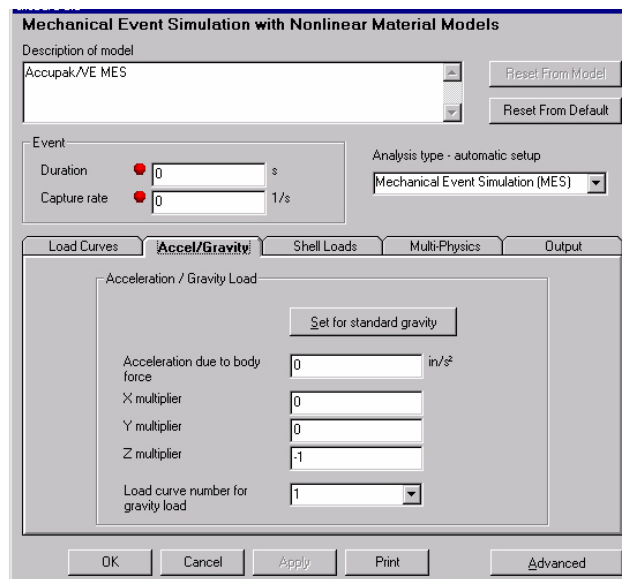


Ilustración 3-5 Menú de Interfase de Información Global en MES.

3.4.2. Impacto

MES puede simular de forma precisa un impacto del mundo real, de tal modo que se puede determinar si un componente se flexionará, se estirará o deformará son necesidad de un ensayo previo. Sirve además para estimar los parámetros posteriores de ensayo, la instrumentación, deformaciones previstas y puntos de medida.