

GUIA DE OBSERVACIÓN PARA EXPOSICIÓN INDIVIDUAL Y/O POR EQUIPO

DOCENTE: Joel Francisco Pava Chipol		ASIGNATURA: Método del Elemento Finito		
DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN				
PERIODO: Agosto - Diciembre 2023		UNIDAD:		
TEMA:		FECHA DE PRESENTACIÓN:		
INSTRUCCIÓN				
Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados "SI" cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque "NO". En la columna "OBSERVACIONES" ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.				
VALOR DEL REACTIVO	CARACTERÍSTICA A CUMPLIR (REACTIVO)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	Puntualidad: para iniciar y concluir la exposición.			
10%	Esquema de diapositiva. Colores y tamaño de letra apropiada. Sin saturar las diapositivas de texto. Portada: Nombre de la escuela (logotipo), Carrera, Asignatura, Profesor, Alumnos, Matricula, Grupo, Lugar y fecha de entrega.			
5%	Ortografía: (cero errores ortográficos).			
10%	Exposición. a. Utiliza las diapositivas como apoyo, no lectura total			
20%	b. Desarrollo del tema fundamentado y con una secuencia estructurada.			
10%	c. Organización de los integrantes del equipo.			
5%	D. Expresión no verbal (gestos, miradas y lenguaje corporal).			
30%	Preparación de la exposición. Dominio del tema. Habla con seguridad.			
100%	CALIFICACIÓN			
INTEGRANTES		EQUIPO: _____		

LISTA DE COTEJO DE INVESTIGACION DOCUMENTAL

DOCENTE: Joel Francisco Pava Chipol		ASIGNATURA: Método del Elemento Finito		
PERIODO: Agosto - Diciembre 2023		UNIDAD:		
DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN				
NOMBRE DEL ALUMNO O NUMERO DEL EQUIPO:				
TEMA:		FECHA DE ENTREGA:		
INSTRUCCIONES				
Revisar las actividades que se solicitan y marque en los apartados "SI" cuando la evidencia se cumple; en caso contrario marque "NO". En la columna "OBSERVACIONES" indicaciones que puedan ayudar al alumno a saber cuáles son las condiciones no cumplidas, si fuese necesario.				
VALOR DEL REACTIVO	CARACTERÍSTICA A CUMPLIR (REACTIVO)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	Presentación El trabajo cumple con los requisitos de: <ul style="list-style-type: none"> a. Buena presentación b. Mismo formato (letra arial 14 para títulos con negritas y contenido arial 12, texto justificado) c. Limpieza y orden d. Ortografía (El documento es redactado de forma correcta sin faltas de ortografía) 			
30%	Ideas relevantes: Presenta el contenido más relevante del tema abordado, se centra en la idea principal y compara información de referencias formales de mínimo tres autores.			
10%	Imágenes y gráficos de apoyo: Presenta imágenes, fotografías, tablas, gráficos de apoyo o fórmulas que respalden la información presentada.			
30%	Coherencia y cohesión: Maneja el lenguaje técnico apropiado y presenta en todo el documento coherencia y secuencia entre párrafo.			
10%	Referencias bibliográficas: De fuentes formales y citadas al final del documento de forma correcta.			
10%	Responsabilidad: Entregó el resumen en la fecha y hora señalada.			
100%	CALIFICACIÓN			

EXÁMENES



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
SAN ANDRÉS TUXTLA

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
SAN ANDRÉS TUXTLA



CARRERA: INGENIERIA ELECTROMECHANICA

ASIGNATURA: METODOS DEL ELEMENTO FINITO

PROFESOR: JOEL FRANCISCO PAVA CHIPOL

ALUMNO: ERUVIEL ALDAHIR GONZÁLEZ ARRIAGA 201U0428

TEMA: INVESTIGACION UNIDAD 3

GRUPO: 602-U

FECHA DE ENTREGA: 13/12/2023

INTRODUCCION.

El método de los elementos finitos (MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy complejas utilizado en diversos problemas de ingeniería física.

El MEF está pensado para ser usado en computadoras y permite resolver, de forma aproximada, ecuaciones diferenciales asociadas a un problema físico o ingenieril sobre geometrías complicadas. El MEF se usa en el diseño y mejora de productos y aplicaciones industriales, así como en la simulación de sistemas físicos y biológicos complejos. La variedad de problemas a los que puede aplicarse ha crecido enormemente, siendo el requisito básico que las

ecuaciones constitutivas y ecuaciones de evolución temporal del problema sean conocidas de antemano.

El MEF permite obtener una solución numérica aproximada sobre un cuerpo, estructura o dominio (medio continuo) —sobre el que están definidas ciertas ecuaciones diferenciales en forma débil o integral que caracterizan el comportamiento físico del problema— dividiéndolo en un número elevado de subdominios no-intersectantes entre sí denominados «elementos finitos». El conjunto de elementos finitos forma una partición del dominio también denominada discretización. Dentro de cada elemento se distinguen una serie de puntos representativos llamados «nodos». Dos nodos son adyacentes si pertenecen al mismo elemento finito; además, un nodo sobre la frontera de un elemento finito puede pertenecer a varios elementos.

ETAPA DE PRE-PROCESO.

La malla se genera y ésta en general consta de miles (e incluso centenares de miles) de puntos. La información sobre las propiedades del material y otras características del problema se almacena junto con la información que describe la malla. Por otro lado, las fuerzas, los flujos térmicos o las temperaturas se reasignan a los puntos de la malla. A los nodos de la malla se les asigna una densidad por todo el material dependiendo del nivel de la tensión mecánica u otra propiedad. Las regiones que recibirán gran cantidad de tensión tienen normalmente una mayor densidad de nodos (densidad de malla) que aquellos

que experimentan poco o ninguno. Puntos de interés consisten en: puntos de fractura previamente probados del material, entrantes, esquinas, detalles complejos, y áreas de elevada tensión. La malla actúa como la red de una araña en la que desde cada nodo se extiende un elemento de malla a cada nodo adyacente. Este tipo de red vectorial es la que lleva las propiedades del material al objeto, creando varios elementos.

Las tareas asignadas al preproceso son:

1. El continuo se divide, mediante líneas o superficies imaginarias en un número de elementos finitos. Esta parte del proceso se desarrolla habitualmente mediante algoritmos incorporados a programas informáticos de mallado durante la etapa de preproceso.
2. Se supone que los elementos están conectados entre sí mediante un número discreto de puntos o «nodos», situados en sus contornos. Los desplazamientos de estos nodos serán las incógnitas fundamentales del problema, tal y como ocurre en el análisis simple de estructuras por el método matricial.
3. Se toma un conjunto de funciones que definan de manera única el campo de desplazamientos dentro de cada *elemento finito* en función de los desplazamientos nodales de dicho elemento. Por ejemplo el campo de desplazamientos dentro de un elemento lineal de dos nodos podría venir definido por: $u = N_1u_1 + N_2u_2$, siendo N_1 y N_2 las funciones comentadas (funciones de forma) y u_1 y u_2 los desplazamientos en el nodo 1 y en el nodo 2.
4. Estas funciones de desplazamientos definirán entonces de manera única el estado de deformación del elemento en función de los desplazamientos nodales. Estas deformaciones, junto con las propiedades constitutivas del material, definirán a su vez el estado de tensiones en todo el elemento, y por consiguiente en sus contornos.
5. Se determina un sistema de fuerzas concentradas en los nodos, tal que equilibre las tensiones en el contorno y cualesquiera cargas repartidas, resultando así una relación entre fuerzas y desplazamientos de la forma $F = K \cdot u$, que como vemos es similar a la del cálculo matricial.

CONSTRUCCION DEL MODELO.

Los cálculos se realizan sobre una malla de puntos (llamados nodos), que sirven a su vez de base para discretización del dominio en elementos finitos. La generación de la malla se realiza usualmente con programas especiales llamados generadores de mallas, en una etapa previa a los cálculos que se denomina preproceso. De acuerdo con estas relaciones de adyacencia o conectividad se relaciona el valor de un conjunto de variables incógnitas definidas en cada nodo y denominadas grados de libertad. El conjunto de

relaciones entre el valor de una determinada variable entre los nodos se puede escribir en forma de sistema de ecuaciones lineales (o linealizadas). La matriz de dicho sistema de ecuaciones se llama matriz de rigidez del sistema. El número de ecuaciones de dicho sistema es proporcional al número de nodos.

Típicamente el análisis de los elementos finitos se programa computacionalmente para calcular el campo de desplazamientos y, posteriormente, a través de relaciones cinemáticas y constitutivas las deformaciones y tensiones respectivamente, cuando se trata de un problema de mecánica de sólidos deformables o más generalmente un problema de mecánica de medios continuos. El método de los elementos finitos es muy usado debido a su generalidad y a la facilidad de introducir dominios de cálculo complejos (en dos o tres dimensiones). Además el método es fácilmente adaptable a problemas de transmisión de calor, de mecánica de fluidos para calcular campos de velocidades y presiones (mecánica de fluidos computacional, CFD) o de campo electromagnético. Dada la imposibilidad práctica de encontrar la solución analítica de estos problemas, con frecuencia en la práctica ingenieril los métodos numéricos y, en particular, los elementos finitos, se convierten en la única alternativa práctica de cálculo.

Además del amplio rango de problemas clásicos que pueden ser eficientemente trabajados con este método, recientemente también se ha utilizado para resolver EDPs tipo Schrödinger, y ha permitido simular exitosamente efectos cuánticos en sistemas de baja dimensionalidad tales como nanopartículas metálicas, nanotubos de carbono, puntos cuánticos, pozos cuánticos, moléculas artificiales, y monocapas de calcogenuros con metales de transición.

DEFINICION DE TIPOS DE ELEMENTOS Y CONSTANTES REALES.

Las constantes son tipos de datos que no son mutables. Como en toda declaración de tipo, es necesario asignar un valor a la constante en el momento de la declaración.

A las constantes se les debe asignar un valor cuando se declaran. La única excepción es si la constante se declara como "final". Declarar una variable final como constante significa que no puede ser reasignada, incluso si tiene un valor inicial.

Algunos lenguajes de programación como C utilizan `const` para declarar constantes y permiten asignarles valores en el momento de la declaración. Esto

puede hacer que el código sea más legible y eficiente de usar porque elimina la necesidad de declarar e inicializar por separado.

DEFINIR PROPIEDADES DEL MATERIAL.

El MEF es un método numérico de resolución de ecuaciones diferenciales. La solución obtenida por MEF es solo aproximada, coincidiendo con la solución exacta solo en un número finito de puntos llamados **nodos**. En el resto de puntos que no son nodos, la solución aproximada se obtiene interpolando a partir de los resultados obtenidos para los nodos, lo cual hace que la solución sea solo aproximada debido a ese último paso.

El MEF convierte un problema definido en términos de ecuaciones diferenciales en un problema en forma matricial que proporciona el resultado correcto para un número finito de puntos e interpola posteriormente la solución al resto del dominio, resultando finalmente solo una solución aproximada. El conjunto de puntos donde la solución es exacta se denomina conjunto nodos. Dicho conjunto de nodos forma una red, denominada malla formada por retículos. Cada uno de los retículos contenidos en dicha malla es un «elemento finito». El conjunto de nodos se obtiene dividiendo o discretizando la estructura en elementos de forma variada (pueden ser superficies, volúmenes y barras).

APLICACION DE CARGA.

El tipo de estructura se selecciona con bases funcionales, económicas, estéticas y de servicio. En algunos casos, el tipo de estructura que se adopta depende de otras consideraciones, tales como los deseos del cliente, las sugerencias del diseñador o algún precedente ya establecido; frecuentemente es necesario estudiar varias estructuras diferentes y la selección final se hace después de que se ha avanzado bastante en varios diseños comparativos.

Una vez escogido el tipo general de la estructura, o cuando menos al haberse definido varias alternativas, es posible hacer un croquis a pequeña escala de la estructura. La distribución de los miembros se rige naturalmente por las magnitudes de las cargas que actúan sobre ellos, cargas que no son conocidas todavía. Partiendo de la estructuración general, puede hacerse ya una estimación de las cargas aplicadas, que son de varios tipos: Cargas móviles, cargas de piso, cargas de cubiertas de techo, pisos, muros y divisiones; Cargas

vivas de viento, nieve, sismo y cargas producidas por explosiones. Las cargas pueden ser estáticas o dinámicas, temporales o permanentes, ocasionales o repetitivas. A ellas debe agregarse el peso propio de la estructura, el cual se desconoce en esta etapa del diseño, pero que puede ser estimado con bastante aproximación para estructuras convencionales, por medio de tablas y fórmulas que se han establecido con este propósito.

GENERACION DE LA RED DE MALLA.

El propósito principal de una malla de elementos finitos es a la geometría adecuada aproximada del cuerpo que está siendo modelado, que representan todas las características de la geometría de la parte significativa de la solución. El preprocesador de AutoFEM utiliza un generador eficaz automática de mallas de elementos finitos, que permite al usuario controlar varios modos de generación de la malla con el fin de obtener mallas de la calidad deseada en diferentes modelos. En Análisis AutoFEM, volumétricos elementos finitos tetraédricos y superficiales elementos finitos triangulares se utilizan en mallas de elementos finitos, que, en teoría, permiten aproximación con cualquier precisión requerida. Sin embargo, hay varias recomendaciones preliminares acerca de la adecuación de los modelos de cálculo con elementos finitos.

En primer lugar, la calidad de una solución puede depender de la forma de los elementos finitos. Los mejores resultados de la modelización de elementos finitos se logran, si los elementos (tetraedros y triángulos) que forman el modelo de malla están cerca de los equiláteros. Esto es especialmente importante para elementos tetraédricos. Viceversa, si un modelo de malla contiene elementos, cuyos bordes varían en su tamaño en gran medida, a continuación, los resultados de la modelización podría ser de una precisión insuficiente. En tales casos, es deseable reducir al mínimo el número de tales elementos indebidas por medio de las opciones del generador de elemento finitos de malla.

Por lo tanto, un usuario tiene que controlar "calidad" del modelo de elementos finitos basada en una inspección visual o con la ayuda de « parámetros de malla », con el objetivo de distribución posiblemente más forma uniforme de los elementos que intervienen en la malla.

En segundo lugar, además de las formas de los elementos finitos, la calidad de la solución se ve directamente afectada por el grado de discretización del modelo original geométrica, que es « densidad » de la malla de elementos finitos. El usuario puede controlar este parámetro de malla mediante la especificación de un tamaño medio absoluto o relativo de los elementos finitos, o mediante la variación de los parámetros que afectan a la generación de mallas en los modelos curvilíneos. Por lo general, una división de modelo 3D en una cantidad más grande de elementos conduce a mejores resultados en términos de precisión. Sin embargo, recuerde que se aproxima a un modelo por

un gran número de pequeños elementos finitos conduce inevitablemente a un sistema de alto orden de las ecuaciones algebraicas, que podría afectar negativamente a la velocidad de los cálculos. Calidad de un modelo de elementos finitos puede evaluarse posteriormente por resolver varios estudios con creciente grado de discretización. Si la solución (como máximos desplazamientos y tensiones) ya no muestra diferencias significativas en una malla más densa, pues, a una gran certeza, se puede considerar como un nivel de discretización óptima, de modo que una mayor tasa de discretización es injustificada.

ETAPA DE SOLUCION.

En un problema mecánico lineal no-dependientes del tiempo, como un problema de análisis estructural estático o un problema elástico, el cálculo generalmente se reduce a obtener los desplazamientos en los nodos y con ellos definir de manera aproximada el campo de desplazamientos en el elemento finito.

Cuando el problema es no lineal en general la aplicación de las fuerzas requiere la aplicación incremental de las fuerzas y considerar incrementos numéricos, y calcular en cada incremento algunas magnitudes referidas a los nodos. Algo similar sucede con los problemas dependientes del tiempo, para los que se considera una sucesión de instantes, en general bastante cercanos en el tiempo, y se considera el equilibrio instantáneo en cada instante. En general estos dos últimos tipos de problemas requieren un tiempo de cálculo sustancialmente más elevado que en un problema estacionario y lineal.

ETAPA DE POSTPROCESO.

Actualmente, el MEF es usado para calcular problemas tan complejos, que los ficheros que se generan como resultado del MEF tienen tal cantidad de datos que resulta conveniente procesarlos de alguna manera adicional para hacerlos más comprensible e ilustrar diferentes aspectos del problema. En la etapa de postproceso los resultados obtenidos de la resolución del sistema son tratados, para obtener representaciones gráficas y obtener magnitudes derivadas que permitan extraer conclusiones del problema.

El postproceso del MEF generalmente requiere software adicional para organizar los datos de salida, de tal manera que sea más fácilmente comprensible el resultado y permita decidir si ciertas consecuencias del problema son o no aceptables. En el cálculo de estructuras, por ejemplo, el postproceso puede incluir comprobaciones adicionales de si una estructura

cumple los requisitos de las normas pertinentes, calculando si se sobrepasan tensiones admisibles, o existe la posibilidad de pandeo en la estructura.

BIBLIOGRAFIA.

<https://platzi.com/clases/2218-pensamiento-logico-2020/35187que-son-variables-constantes-y-tipos-dedatos/#:~:text=Las%20constantes%20son%20tipos%20de,se%20declara%20como%20%E2%80%9Cfinal%E2%80%9D.>

https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_de_los_elementos_finitos

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/330/1/CD-0756.pdf>

https://autofem.com/help/es/purpose_and_role_of_meshes.htm

!



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
SAN ANDRÉS TUXTLA

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
SAN ANDRÉS TUXTLA



DE

CARRERA: INGENIERIA ELECTROMECANICA

ASIGNATURA: METODOS DEL ELEMENTO FINITO

PROFESOR: JOEL FRANCISCO PAVA CHIPOL

ALUMNO: ERUVIEL ALDAIR GONZÁLEZ ARRIAGA

NMC : 201U0428

TEMA: UNIDAD 4

GRUPO: 602-U

ANALISIS Y SOLUCION DE PROBLEMAS CON PROGRAMA DE ELEMENTO FINITO.

El análisis de elementos finitos es un método computarizado para predecir cómo reaccionará un producto ante las fuerzas, la vibración, el calor, el flujo de fluidos y otros efectos físicos del mundo real. La simulación de elementos finitos te permite comprobar si un producto se romperá, desgastará o funcionará como se espera. Se denomina análisis, pero en el proceso de desarrollo de productos, se utiliza para predecir qué ocurrirá cuando se utilice un producto.

El análisis de elementos finitos descompone un objeto real en un gran número (entre miles y cientos de miles) de elementos finitos, como pequeños cubos. Las ecuaciones matemáticas permiten predecir el comportamiento de cada elemento. Luego, una computadora suma todos los comportamientos individuales para predecir el comportamiento real del objeto.

El análisis de elementos finitos predice el comportamiento de los productos afectados por una variedad de efectos físicos, entre los que se incluyen:

- Esfuerzo mecánico
- Vibración mecánica
- Fatiga
- Movimiento
- Transferencia de calor
- Flujo de fluidos
- Electrostática
- Moldeo por inyección de plástico

APLICACION DEL MEF A SOLUCIONES REALES.

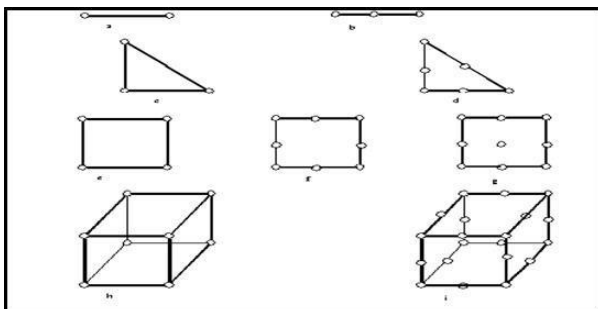
Es amplia la atención que se ha prestado al estudio de la magnitud y distribución de los esfuerzos residuales en las construcciones soldadas. La relación entre fenómenos como los cambios complejos de temperatura (que provocan esfuerzos térmicos transientes) y las deformaciones plásticas, obligan a trabajar bajo una cierta metodología, como es la planteada por K. Masubuchi y constatada por J. Goldak.

- Análisis del flujo de calor
- Análisis de los desplazamientos provocados por los esfuerzos residuales
 - Determinación de las deformaciones.
- Análisis de los esfuerzos térmicos residuales.

Para el caso específico de la simulación de la soldadura mediante es MEF se utilizan diferentes etapas básicas de cálculo como son:

ETAPA 1: Selección del tipo de elemento:

Está en función de la tipología del problema y de la precisión deseada. Después de seleccionado el elemento, quedan definidas las funciones de forma, según el tipo de elemento seleccionado. Los tipos de elementos que se utilizan frecuentemente se muestran en la figura siguiente:



Donde:

- a- elemento lineal de dos nodos.
- b- elemento lineal de 3 nodos.
- c- elemento triangular de 3 nodos.
- d- elemento triangular de 6 nodos.
- e- elemento cuadrilátero lagrangiano de 4 nodos.
- f- elemento cuadrilátero lagrangiano de 8 nodos.
- g- elemento cuadrilátero lagrangiano de 9 nodos.
- h- elemento hexagonal serendipedo de 8 nodos.
- i- elemento hexagonal serendipedo de 20 nodos.

ETAPA 2. Discretización de la geometría en los elementos finitos.

En esta se define la topología de la malla y coordenadas de los nodos que se escoge según la geometría del problema y de la precisión que se desee obtener.

ETAPA 3. Entrada de datos.

Se introducen las propiedades de los materiales, variables esenciales como espesor, cantidad de calor aportado, a partir del proceso utilizado, en el cual intervienen, el voltaje, la corriente, la velocidad de soldadura, entre otros factores, las condiciones iniciales, tiempo de análisis y otros según sea necesario, también en esta etapa se introduce la restricción de los grados de libertad, según sea la restricción externa del modelo utilizado, esto no es más que, por ejemplo para el caso de la soldadura, definir el grado de embridamiento impuesto a las juntas, valorando cuando existe la posibilidad de variar la rigidez externa, los diferentes estados tensionales y deformaciones con el fin de escoger la opción más favorable, también cuando el modelo es simétrico y se decide solo modelar una sección de la misma, con esta opción se representa además continuidad de material.

ETAPA 4. Cálculo de la matriz de rigidez de los elementos.

Se calcula la matriz de rigidez de cada uno de los elementos que conforman el mallado del modelo. Para problemas transientes se calculará además la matriz de masa y la aportación que se realiza a la matriz de rigidez debido a las condiciones de contorno, como puede ser la convección.

ETAPA 5. Cálculo del vector de temperaturas nodales.

Se obtiene el vector de temperaturas nodales equivalentes a para cada elemento. Su complejidad depende del elemento utilizado y también de las cargas externas consideradas. Para problemas transientes se consideran las aportaciones de las condiciones iniciales y de la matriz de rigidez por el esquema de integración del tiempo, lo cual para cada elemento se irá actualizando.

ETAPA 6. Solución del sistema de ecuaciones globales.

Después de tener las matrices de rigidez y los vectores de temperaturas nodales de cada elemento sigue la etapa de ensamblaje de dichas matrices y vectores y la solución del sistema de ecuaciones resultantes, para obtener las temperaturas nodales.

ETAPA 7. Cálculo de los gradientes:

Consiste en calcular los gradientes de temperaturas en los nodos de los diferentes elementos a partir de los valores de temperaturas nodales y a partir de estos y del sistema de rigidez obtener los desplazamientos y tensiones. Como se muestra a continuación de forma resumida:

REALIZAR UN REPORTE TECNICO DEL ANALISIS ESTRUCTURAL.

El principio de superposición constituye la base de gran parte de la teoría de análisis estructural. Puede enunciarse como sigue: El desplazamiento o esfuerzo total en un punto de una estructura sometida a varias cargas se puede determinar sumando los desplazamientos o esfuerzos que ocasiona cada una de las cargas que actúan por separado. Para que esto sea válido, es necesario que exista una relación lineal entre las cargas, esfuerzos y desplazamientos.

1. El material debe comportarse de manera elástica lineal, a fin de que sea válida la ley de Hookie y la carga sea proporcional al desplazamiento.
2. La geometría de la estructura no debe sufrir cambios importantes cuando se aplican las cargas. Si los desplazamientos son grandes, entonces cambian considerablemente la posición y orientación de las cargas. Un ejemplo es el caso de una columna sometida a una carga de pandeo.

