



D-11056



P981

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica

ANALISIS POR ELEMENTOS FINITOS: "ELABORACION DE UN MANUAL INSTRUCTIVO ACADEMICO PARA EL PROGRAMA COSMOS/M V. 1.6"

PROYECTO DE GRADO

Previa a la obtención del Título de

INGENIERO MECANICO

Presentado por:
Ronny John Pulido Tamayo

Guayaquil - Ecuador
1.992

AGRADECIMIENTO.

AL SR. MARTIN BARRA, DIRECTOR DEL
PROYECTO DE GRADO, AL ING. RICCARDO
DELFINI, Y A MIS AMIGOS CON CUYA
COLABORACION FUE POSIBLE LA
REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

DEDICATORIA

A MIS PADRES .

A MIS HERMANOS.

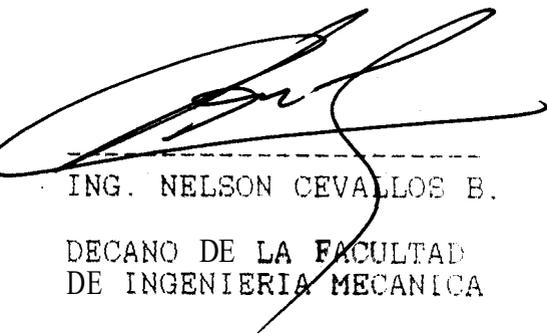
DECLARACION EXPRESA.

"La Responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de tópicos de graduación).

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pulido', is written over a horizontal dashed line.

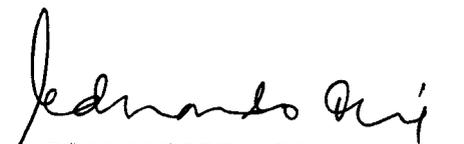
RONNY JOHN PULIDO TAMAYO



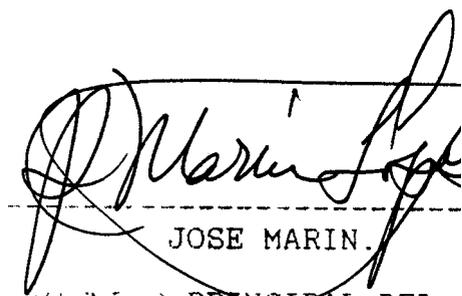
ING. NELSON CEVALLOS B.
DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA MECANICA



DR. MARTIN EASON.
DIRECTOR DE
PROYECTO DE GRADO



ING. EDUARDO ORCES P.
MIEMBRO PRINCIPAL DEL
TRIBUNAL



JOSE MARIN.
MIEMBRO PRINCIPAL DEL
TRIBUNAL.

RESUMEN

La presente tesis se ha hecho con la finalidad de iniciar la apertura de la Ingeniería Ayudada por Computadora (C.A.E.) en la Facultad de Ingeniería en Mecánica. Con este objetivo se ha elaborado un manual didáctico para la universidad a nivel de principiante, sobre el uso del programa COSMOS/M en el análisis por elementos finitos de sistemas, mecánicos.

El trabajo consiste en su primer capítulo de una breve introducción al método de elementos finitos y una presentación del programa COSMOS/M, con el alcance de análisis que éste posee. En los capítulos II y III se da la información necesaria para la generación geométrica de un modelo. Los capítulos IV, V, VI y VII, presentan cómo dar la información que requiere el modo geométrico para obtener resultados de análisis más cercanos a la realidad. Finalmente en los capítulos VIII y IX se presentan los tipos de análisis disponibles con el programa, y obtención de resultados, respectivamente.

La metodología de análisis de un modelo, que sigue el manual, ha sido realizada de tal forma que sirva de ayuda

en el empleo de cualquier otro programa de elementos finitos.

En la parte final del manual, apéndices A y B, se han elaborado en GEOSTAR problemas de generación de geometrías y problemas de análisis. En el apéndice C se presenta el análisis de resultados de encuestas realizadas en las principales ciudades del país (Quito, Guayaquil y Cuenca) evaluando la situación de la Igoniería ayudada por computadora en nuestro medio.

INDICE GENERAL

RECUMEM.....	VI.
INDICE GENERAL	VIII.
INDICE DE FIGURAS	XIII.
ABREVIATURAS	XV.
INTRODUCCION	XVI.

I.- CAPITULO

INTRODUCCION AL ANALISIS POR ELEMENTOS FINITOS.

1.1 Breves fundamentos teóricos del Análisis por Elementos Finitos	19.
1.2 Ecuaciones básicas de elementos finitos.. .	20.
1.3 Uso de la simetría en la simplificación de un problema	26.
1.4 Casos de sistemas no-lineales.....	27.
1.5 Módulos con los que cuenta COSMOS/M.....	33.
1.5.1 Capacidad de análisis del programa.	34.
1.5.2 La pantalla de GEOSTAR.....	36.
1.5.3 Menú de comandos y funciones de rápido acceso.....	38.

II.- CAPITULO

COMANDOS DE PANTALLA

2.1	Rejilla (GRID)	40.
2.2	Parámetros de vista (VIEW_PAR)	42.
2.3	Parámetros de pantalla (DISP_PAR)	45.
2.4	Ventana (WINDOWS)	50.

111.- CAPITULO

GENERACION DE GEOMETRIAS.

3.1	Interface de AUTOCAD.	55.
3.2	Generación de puntos.....	58.
3.3	Generación de curvas.....	61.
3.4	Generación de superficies..	66.
3.5	Generación de volúmenes.....	72.
3.6	Generación de contornos y regiones.....	77.
3.6.1	Contornos.....	77.
3.6.2	Regiones.....	82.

IV.- CAPITULO

DEFINICION DE PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS

4.1	GRUPO DE ELEMENTOS	86.
4.2	MATERIALES	87.
4.3	CONSTANTES REALES.....	88.

V.- CAPITULO

GENERACION DE MALLAS DE ELEMENTOS FINITOS.'

5.1	PARAM_MESH	96.
5.2	AUTO-MESH	100.
5.3	NODOS	110.

5.4 ELEMENTOS	117 .
---------------------	-------

VI.- CAPITULO

SELECCION DEL TIPO DE ELEMENTO .

6.1 ELEMENTOS BARRA	120 .
6.2 ELEMENTOS VIGA	123 .
6.3 ELEMENTOS PLANOS-2D	126 .
6.3.1 ESFUERZO PLANO	130 .
6.3.2 DEFORMACION PLANA	130 .
6.3.3 ELEMENTOS AXISIMETRICOS	131 .
6.4 ELEMENTOS CASCARON (SHELL)	132 .
6.4.1 Elementos cascarón de pared delgada .	133 .
6.4.2 Elementos cascarón de pared gruesa ..	134 .
6.4.3 Cascarón cuadrilátero de pared gruesa	136 .
6.5 Elementos masa	137 .
6.6 Tubo elástico recto	138 .
6.7 Tubo elástico curvo	140 .
6.8 Barra térmica	141 .
6.9 Eslabón de convección	143 .

VII.- CAPITULO

CONDICIONES DE FRONTERA .

7.1 Condiciones de desplazamiento	145 .
7.2 Condiciones de fuerza, velocidad y temperatura	147 .
7.3 Condiciones de presión	147 .

7.4	Condiciones de flujo de calor.....	155.
7.5	Generación de calor en nodos y elementos.	157.
7.6	Convección de calor.....	157.
7.7	Condiciones de fuerza de reacción.....	160.
7.8	Condiciones gravitacionales.....	161.

VIII.- CAPITULO

COMANDOS PARA ANALISIS Y OBTENCION DE RESULTADOS.

8.1	Comandos utilitarios.	164.
8.2	Comandos de activación.	173.
8.3	Paramétricos.	177.
8.4	Definición de impresión.....	178.
8.5	Comunicación con MODSTAR.....	180.
8.6	Selección del tipo de análisis.....	182.
8.7	Ejecución de los programas de análisis... ..	190.

IX.- CAPITULO

POST-PROCESADOR.

9.1	Comandos de activación del POST-PROCESADOR.	200.
9.2	Activación de trazado de resultados.....	204.

APENDICE A EJEMPLOS DE GENERACION DE MALLAS.

A.1	Cúpula... ..	211.
A.2	Tobera.....	218.

APENDICE B Ejemplos de problemas desarrollados por

elementos finitos.

B.1	Estructura en tres dimensiones.... ..	222.
B.2	Conducción de calor en un cilindro hueco..... ..	232.
B.3	Análisis estático de una placa sometida a torque..... ..	239.
B.4	Análisis de pandeo de una placa.....	246.
B.5	Análisis térmico de una placa con generación de calor	255.
B.6	Frecuencia natural de un cascarón cilíndrico con un diafragma rígido..	261.
B.7	Análisis de frecuencia de una placa triangularempotrada..... ..	271.

APENDICE C	Resultado y evaluación de las encuestas industriales realizadas en las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca..... ..	280.
------------	--	------

BIBLIOGRAFIA.....	292.
----------------------	----------	------

INDICE DE FIGURAS.

<u>No.</u>		<u>Pag.</u>
1.1	Gráfico de una función lineal.	22.
1.2	Funciones de forma.	24.
1.3	Relación esfuerzo-deformación para aceros.	27.
1.4	Respuesta no-lineal debido al material.	28.
1.5	Respuesta geoméricamente no-lineal de una viga simplemente apoyada.	29.
1.6	Respuesta geoméricamente no-lineal de una barra.	31.
1.7	Respuesta de un sistema masa-resorte con condiciones de soporte no-lineal.	32.
A.1.1	Curvas y puntos del modelo.	212.
6.1.2	Generación de superficies.	213.
6.1.3	Mallado de volúmenes.	215.
A.2.1	Generación de curvas.	217.
A.2.2	Superficies del modelo.	218.
A.2.3	Plallado de superficies.	220.
B.1.1	Geometría del modelo.	222.
B.1.2	Condiciones de frontera.	225.
E.1.3	Deformada de la estructura.	226.
B.2.1	Esquema del problema a analizarse.	232.
B.2.2	Mallado del modelo y condiciones de frontera.	234.
B.2.3	Líneas de isotermas en la dirección radial del cilindro.	235.
B.3.1	Geometría, mallado y condiciones de frontera del	

modelo.	240.
B.3.2 Deformada de la placa.	241.
8.4.1 Definición del problema.	246.
8.4.2 Geometría del modelo.	247
B.4.3 Mallado del modelo.	2413.
B.4.4 Deformada de la placa.	243.
B.5.1 Modelo utilizado para el análisis.	257
B.6.1 Definición del problema.	261.
B.6.2 Geometría del modelo en dos vistas.	262.
B.6.3 Malla de elementos finitos y condiciones de frontera.	263.
B.6.4 Deformada para las tres primeras frecuencias.	264.
B.6.5 Deformada para la cuarta y quinta frecuencia.	265.
B.7.1 Geometría de la placa triangular.	272.
B.7.2 Condiciones de frontera y mallado del modelo.	273.
B.7.3 Deformada para la frecuencia fundamental.	274.

ABREVIATURAS.

función asumida.

Φ_i valor de la función asumida en el nodo i ,

Φ_j valor de la función asumida en el nodo j .

L Longitud entre dos nodos.

a valores constantes.

N_i Función de forma o función de interpolación en el nodo i

$[K]$ Matriz rigidez.

P Vector carga.

x . dirección x local.

y : dirección y Local.

u : desplazamiento en la dirección local x .

σ_x : esfuerzo en la dirección x .

E : módulo de elasticidad.

ϵ_x : deformación unitaria en la dirección x .

ϵ_z : deformación unitaria en la dirección z .

A : área.

k : constante de rigidez.

I : momento de inercia de la sección.

m : momento de flexión para la viga.

V : fuerza cortante en la dirección transversal de la viga.

D.A.E. : Computer Aided Engineering.

INTRODUCCION.

Considerando el acelerado desarrollo de la Ingeniería ayudada por computadora, se ha elaborado el presente manual instructivo académico, con la finalidad de dar inicio al desarrollo de programas especializados de análisis por elementos finitos; el manual trata de abarcar la mayor parte de comandos que posee el programa COSMOS/M V.1.6, tanto en la generación como en el modelamiento de un problema, como en el análisis que se realice del mismo.

El manual sigue en su desarrollo una secuencia lógica de utilización de comandos para la generación del modelo y su posterior análisis. El manual presenta al usuario las facilidades que se tienen para obtener solución a problemas de sistemas mecánicos, tomando en cuenta que la respuesta que se obtiene, no es una respuesta exacta, igual a la teórica, pero sí bastante aproximada, si se toman las condiciones de modelamiento correctas.

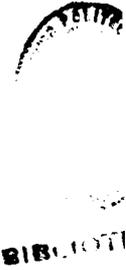
Algo muy importante, que hay que considerar, del uso de un programa de elementos finitos, es el criterio ingenieril que se tenga para dar las consideraciones de modelamiento de un problema lo más acertadamente posible y semejante al

caso real, ya que de lo contrario, el programa se volverá una herramienta ingenieril inútil.

En sí, el panorama que se presenta en el empleo de programas, como COSMOS/M, es muy alentador, ya que salva de la elaboración y cálculo de complicados métodos numéricos, para obtener solución a un problema, convirtiéndose más en un problema físico; que con un buen criterio ingenieril, puede ser de una grandiosa ayuda para desarrollar mayor calidad de diseño en donde se lo utilice.

También se incluye dentro de los APENDICES, la evaluación de una encuesta, realizada a las principales industrias de Guayaquil, Quito y Cuenca, sobre el estado en que se encuentra el desarrollo de la Ingeniería Ayudada por Computadora (C.A.E.) en nuestro medio; la cual nos presenta la poca implementación de programas de elementos finitos para realizar ingeniería y un aumento progresivo del uso de AUTOCAD para realizar dibujos de planos y partes.

CAPITULO I



INTRODUCCION AL ANALISIS POR ELEMENTOS FINITOS.

La solución de problemas de ingeniería frecuentemente se convierte en algo complicado cuando ésta se la quiere obtener en una sola operación global. Para evitar estas complicaciones actualmente se hace uso de un método de análisis por elementos finitos, para lo cual se cuentan con software especializados como el caso nuestro de estudio.

Estos programas se basan en lo siguiente:

Se plantea un modelo adecuado utilizando un número finito de componentes bien definidos. A tales problemas se llaman discretos. Si la subdivisión prosigue indefinidamente el problema puede definirse haciendo uso de la matemática avanzada, lo cual nos conduce a ecuaciones diferenciales o expresiones equivalentes con un número infinito de elementos implicados, a tales problemas los llamaremos continuos. De tal forma se puede deducir una primera definición del método de los elementos finitos como procedimiento de aproximación de problemas continuos:

a) un continuo se divide en un número finito de partes (o elementos), cuyo comportamiento es definido mediante un

número finito de parámetros, y

b) la solución del sistema completo como ensamblaje de los elementos, sigue precisamente las mismas reglas que se aplican a los problemas discretos,

1.1 Breves fundamentos teóricos del análisis por elementos finitos

El proceso general.

Basándonos en conceptos previamente estudiados, de elementos finitos, se dará una idea general de cómo trabaja un programa de elementos finitos.

- El primer paso para la solución es determinar las propiedades de cada elemento a partir de la geometría del problema, de los datos de carga, y de la naturaleza del material. Se determina la matriz de rigidez para cada elemento así como las correspondientes cargas nodales. Cada elemento tiene su propio número de identificación y sus conexiones nodales especificadas.

Suponiendo que las propiedades se hayan establecido en las mismas coordenadas, podemos definir cada componente de rigidez o de fuerza en la matriz global.

- El segundo paso es el ensamblaje de las ecuaciones finales. Como las matrices son simétricas en realidad solamente tenemos que calcular los coeficientes de la mitad superior de la diagonal. Todos los coeficientes no nulos, es decir diferentes de cero, están confinados dentro de una banda o contorno cuyo ancho puede calcularse a partir de las conexiones nodales.
- El tercer- paso es introducir las condiciones de contorno en la matriz final ya **ensamblada**.
- A esto le sigue el paso final de resolución del sistema de ecuaciones resultantes. Para ello se pueden seguir muchos métodos. Al paso final seguirá la sustitución para obtener tensiones, corrientes u otras cantidades de salida cuyo conocimiento se desea. Vemos pues, que todas las operaciones que precisa el análisis, son extremadamente sencillas y repetitivas.

1.2 Ecuaciones básicas de elementos finitas.

Esta sección provee una breve descripción de las ecuaciones de equilibrio estático lineal y un bosquejo de la técnica usada para resolver estas ecuaciones. Algunas consideraciones de modelamiento son también presentadas. Finalmente, las técnicas de optimización del ancho de banda, la cual puede ser usada para

reducir, el fondo de almacenamiento y el tiempo de solución del proceso, los cuales son presentados más adelante.

Para darnos una idea del planteo de ecuaciones empleado en los elementos finitos, analizaremos un elemento lineal uni-dimensional, el cual es un segmento de línea de longitud L y 2 nodos, uno a cada extremo. Los nodos son denotados por i y j y los valores nodales por ϕ_i y ϕ_j . El origen del sistema de coordenadas es a la izquierda del nodo 1. El parámetro ϕ se asume que varía linealmente entre los nodos; siendo la ecuación para ϕ :

$$\phi = a_1 + a_2 x \quad (\text{Ec. 1.2.1})$$

Los coeficientes a_1 y a_2 pueden ser determinados usando las condiciones de frontera nodales:

$$\phi = \phi_i \quad \text{a} \quad x = x_i$$

$$\phi = \phi_j \quad \text{a} \quad x = x_j$$

De las ecuaciones anteriores obtenemos:

$$\phi_i = a_1 + a_2 x_i \quad (\text{Ec. 1.2.2})$$

$$\phi_j = a_1 + a_2 x_j \quad (\text{Ec. 1.2.3})$$

de donde se obtienen:

$$a_1 = \frac{\phi_i x_j - \phi_j x_i}{x_j - x_i} \quad (\text{Ec. 1.2.4})$$

$$a_2 = \frac{\phi_j - \phi_i}{x_j - x_i} \quad (\text{Ec. 1.2.5})$$

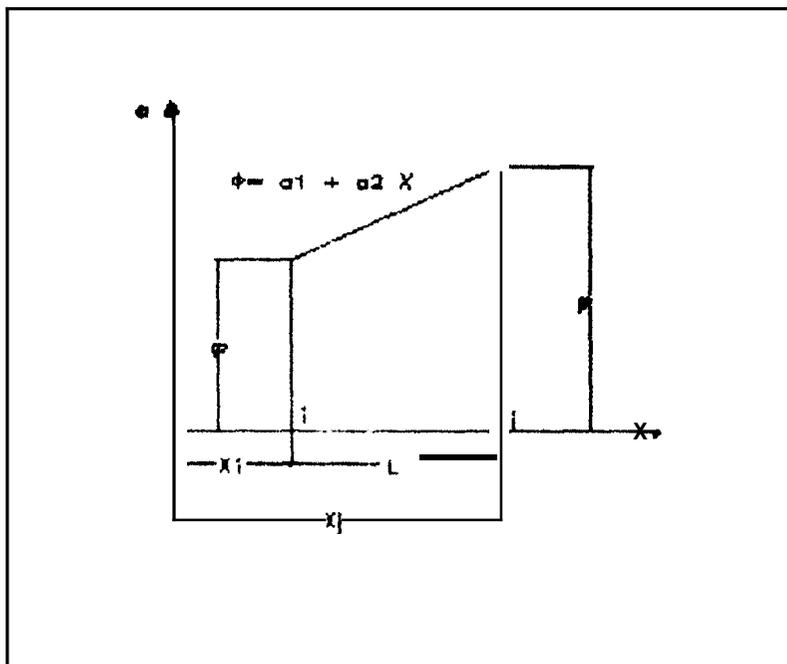


Fig. 1.1 Gráfico de la función lineal.

Substituyendo la ec.(1.2.5) dentro de la 1.2.1 y despejando se tiene:

$$\phi = \frac{x_j - x}{L} \phi_1 + \frac{x - x_1}{L} \phi_j \quad (\text{Ec.1.2.6})$$

donde $(x_j - x_1)$ ha sido reemplazado por la longitud L del elemento.

La ecuación 1.2.6 está en una forma estándar de elemento finito. Los valores nodales son multiplicados por la función ϕ local de ϕ , la cual ha sido llamada función de forma o función de interpolación. Estas funciones son denotadas por N con un subíndice para indicar el nodo con el cual una específica función de forma es asociada. La función de forma en (1.2.6) con

denotados por N_i y N_j con:

$$N_i = \frac{X_j - x}{L} \quad \text{y} \quad N_j = \frac{x - X_i}{L} \quad (\text{Ecs. 1.2.7})$$

Entonces tenemos que la ecuación 1.2.6 puede ser reescrita como :

$$\phi = N_i \phi_i + N_j \phi_j \quad (\text{Ec. 1.2.8})$$

Y también como:

$$\phi = [N] \{\phi\} \quad (\text{Ec. 1.2.9})$$

donde $[N] = [N_i \ N_j]$ es un vector fila de la función de forma y:

$$\{\phi\} = \begin{pmatrix} \phi_i \\ \phi_j \end{pmatrix}$$

que es un vector columna conteniendo los valores nodales del elemento.

Cada función de forma tiene un valor de uno en su nodo y cero al otro nodo y las dos funciones de forma suman uno en cualquier otro punto entre los nodos.

Otra característica que posee, es que la función de forma son siempre polinomios del mismo tipo que la ecuación de interpolación original. La ecuación 1.2.1

es una ecuación lineal y la función de forma es una ecuación lineal; si la ecuación de interpolación que ha sido definida para un modelo de tres nodos es cuadrática, la función de forma resultante tendrá que ser también una ecuación cuadrática.

Las 5 funciones de forma son mostradas en las siguientes figuras:

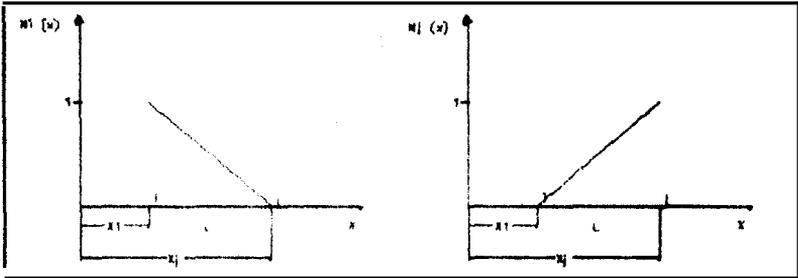


Fig. 1.2 Funciones de forma.

La ecuación de equilibrio de elementos finitos para análisis estático lineal son:

$$[K] a = \{R\} \quad (\text{Ec. 1.2.10})$$

donde el vector carga R es reemplazado por una matriz R la cual puede contener muchos casos de carga.

Estas ecuaciones son resueltas de la misma forma sin iteración, usando el método de reducción Gaussiana. Esta técnica utiliza la eliminación Gaussiana para

invertir la matriz rigidez K , seguida por un proceso de retrosubstitución para evaluar los desplazamientos a . La técnica puede ser ejecutada sobre muchos casos de carga simultáneamente, reduciendo los costos de análisis.

SOLUCION DE ECUACIONES.

La técnica de solución por reducción Gaussiana requiere que la estructura de la matriz rigidez sea no-singular. Para aplicaciones estructurales, esto es equivalente a condicionar que para cualquier desplazamiento de campo, la energía de deformación almacenada por el sistema de elementos finitos debe ser positiva o cero.

Por lo tanto, la estructura debe ser sostenida, tal que desplazamientos de cuerpo rígido no sean posible. Fallas que acceden a este criterio resultarían en ERROR o mensajes de advertencia.

La matriz rigidez puede también ser mal condicionada. Esto es el resultado de una variación grande en magnitud de los términos diagonales de rigidez, lo cual puede ser debido a:

(i) grandes relaciones de longitudes que están siendo



conectados a pequeños elementos de menor rigidez.

(ii) elementos con rigideces muy elevadas; así como un elemento viga puede tener una rigidez de flexión, que es de un orden de magnitud menor que su rigidez axial. Pobre condicionamiento puede resultar en errores de redondeo, lo cual es una pérdida de exactitud en la evaluación de los términos durante el proceso de reducción.

Esto introduce inexactitud en la determinación de desplazamientos y esfuerzos.

1.3 Uso de la simetría en la solución de problemas.

En muchos problemas es necesario recurrir a la simetría, para poder disminuir el tiempo de solución del mismo y reducir la capacidad, de espacio de memoria, que requiere del computador.

Los principios de simetría están en correspondencia en medida, forma, posición de cargas; propiedades de material; y condiciones de frontera que están sobre la dos opuestos de una división de una línea o plano. El uso de la simetría permite considerar un problema reducido en lugar del problema real. Por lo tanto, el orden de la matriz de rigidez y del conjunto de ecuaciones pueden ser reducidas, y como se mencionó

anteriormente reducir e: tiempo de solución normal y el tiempo de solución del computador para problemas de gran escala sean sustancialmente reducidos.

1.4 TIPOS DE ANALISIS ESTADICO NO LINEAL.

Existen tres diferentes casos de no linealidad que son: no-linealidad debida al material, no-linealidad geométrica y no-linealidad debida a las condiciones de frontera.

Caso no-lineal debido al material.

Este tipo de análisis podría ser utilizado si la relación esfuerzo-deformación del material es significativamente no-lineal.

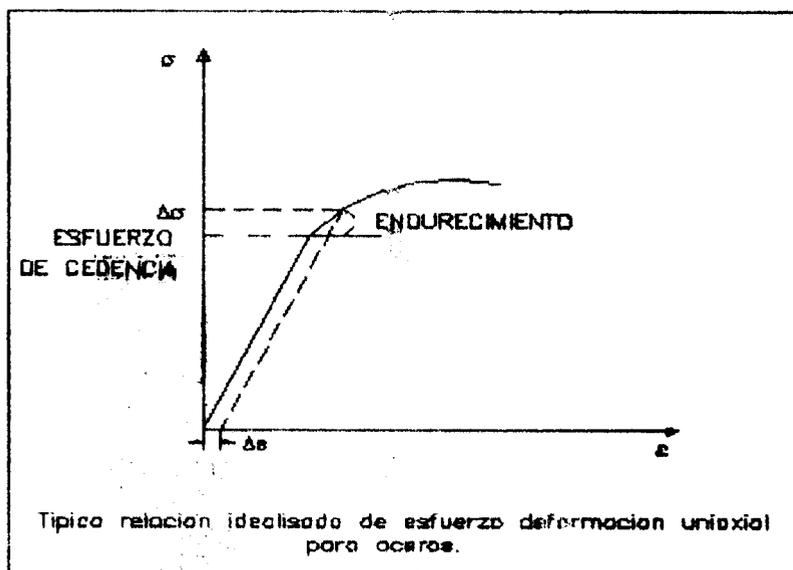


Fig. 1.7 Relación de esfuerzo-deformación para aceros.

Por ejemplo, considere la relación idealizada esfuerzo-deformación para una barra de acero. Este es lineal en el campo elástico, así que un análisis lineal elástico podría predecir la configuración deformada correcta, previniendo que el esfuerzo de cedencia no sea excedido. Si la cedencia ocurre entonces la rigidez de la barra decrece resultando en una ley no-lineal de esfuerzo-deformación [fig.1.3]. Por esto, una carga incremental es requerida para poder trazar la respuesta completa del material, Esto es ilustrado para un simple arreglo de dos barras [fig.1.4].

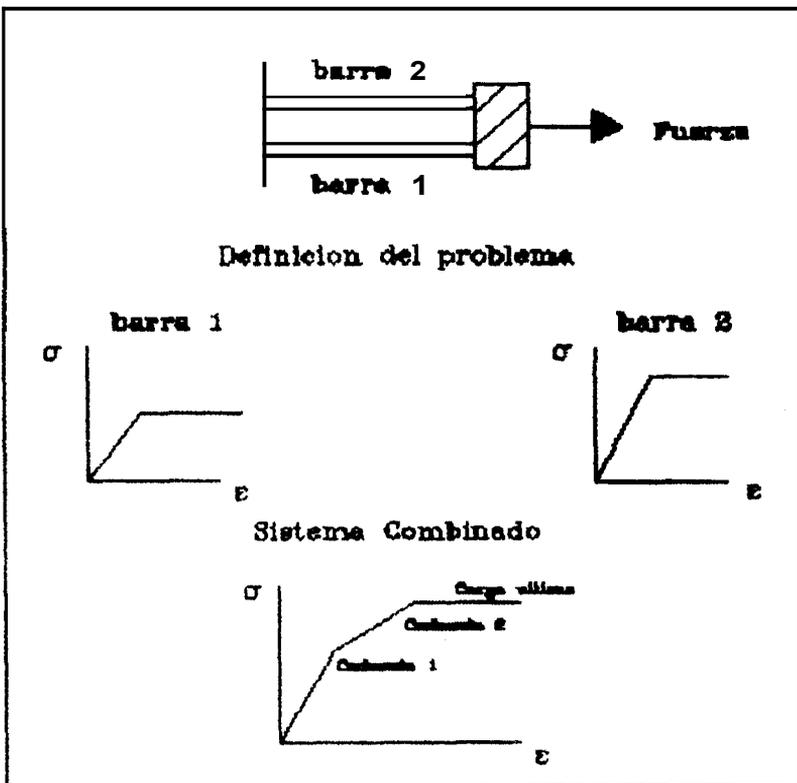


Fig.1.4 Respuesta no-lineal debido al material.

Los diferentes tipos de programas por lo general presentan un difet-ente número de materiales los cuales permiten modelamiento de una variedad de materiales físicos incluyendo metales dúctiles, concreto y suelos.

Casa geoméricamente no-lineal.

En ~~este~~ análisis el efecto cambiante de deformación estructural sobre la rigidez estructural y sobre la posición de cargas aplicadas es considerada.

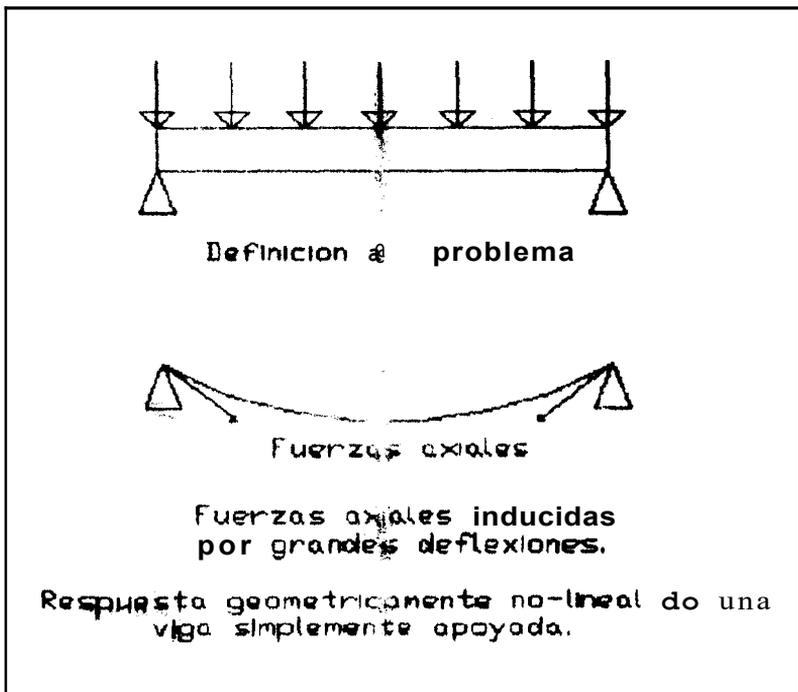


Fig. 1.5 Respuesta geoméricamente no lineal de una viga simplemente apoyada.

Un simple problema que ilustra esto es una viga

simplemente apoyada con carga uniformemente distribuida [fig.1.5]. La solución lineal predeciría el familiar momento flexionante y fuerza axial cero. Sin embargo en la realidad, la viga se deforma de tal forma que el ángulo de inclinación de la viga al soporte introduce una componente axial de fuerza. Esta fuerza puede llegar a ser significativa si la deformación y consecuentemente el ángulo de inclinación lleguen a ser grandes.

Otro simple ejemplo es la barra ensamblada de la figura [fig.1.6]. A medida que la carga es incrementada, la respuesta presenta ablandamiento hasta que el sistema pasa por la posición crítica horizontal, después de la cual la respuesta muestra endurecimiento.

Otra forma de no linealidad, casi siempre asociada con grandes deformaciones es la de fuerzas de impulso (o cargas no-conservativas), con grandes deformaciones. Con grandes deformaciones algunas cargas varían en su ubicación espacial y su orientación. Descuidarse a considerar estos cambios puede conducir a errores con ciertos tipos de cargas. Así mismo, cargando presión sobre una superficie, donde la presión permitiría actuar normal a la superficie deformada.

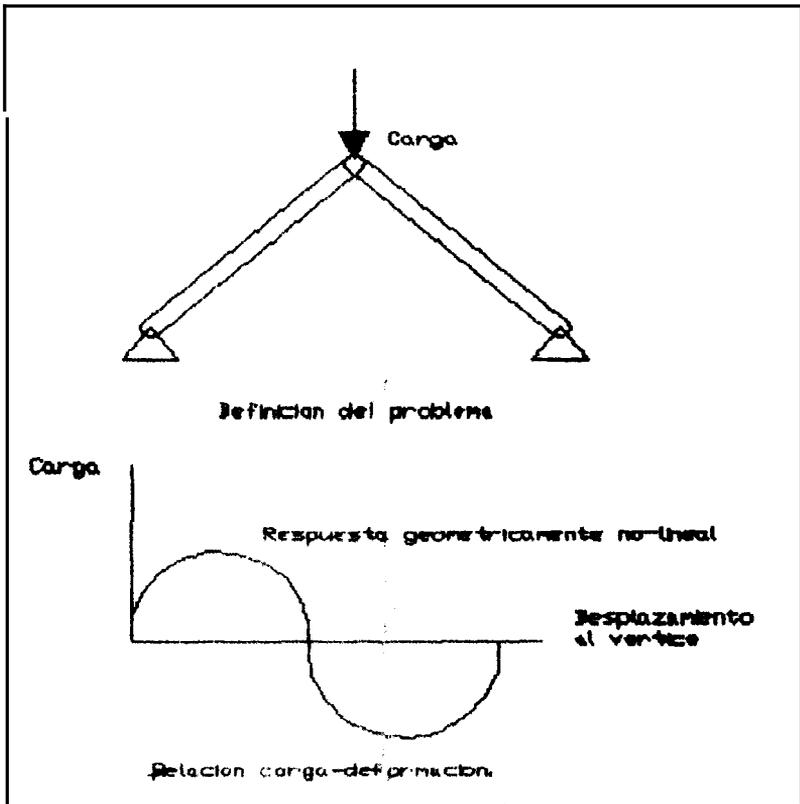


Fig.1.6 Respuesta geoméricamente no-lineal de una barra.

Casa no-lineal dependiente de las condiciones de frontera.

En este análisis las condiciones de frontera son modificadas durante el curso del análisis dependiendo de la forma deformada de la estructura. Esto es ilustrado por el ejemplo mostrado en la figura [fig.1.7].

La masa sujeta a una presión P es inicialmente

soportada por un resorte simple, conforme es incrementada la carga, se produce contacto con un segundo resorte, el cual altera la respuesta esfuerzo-deformación de la estructura.

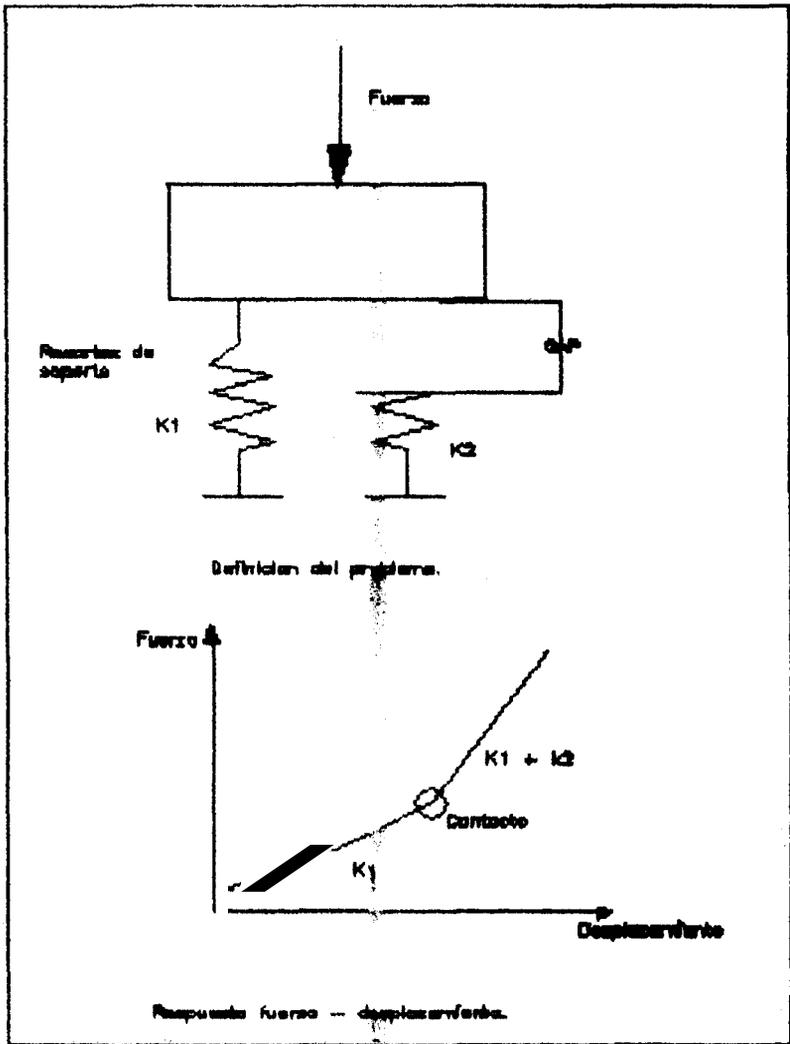


Fig. 1.7 Respuesta de un sistema masa-resorte con condiciones de soporte no-lineal.

Condiciones de frontera no-lineal son impuestas usando elemento5 tipo unión . en el caso anterior un elemento unión con un gap (espacio pequeño) inicial

y cero rigidez es usado para conectar la masa al resorte, una vez que el gap está siendo cerrado el elemento está dando una rigidez adicional, así que éste pasa a formar un eslabon rígido.

Todo el material teórico que se ha revisado se lo hace con la intención de tener- bien en claro el tipo de análisis (lineal o no-lineal) más recomendable para obtener soluciones satisfactorias a un problema, esquematizando para una mejor- comprensión con ejemplos prácticos.

1.5 MODULOS CON LOS QUE TRABAJA COSMOSM.

Cosmos/m es un paquete de análisis por elementos finitos aprovechable sobre microcomputadoras tales como IBM-XT/AT o sus compatibles.

El análisis por elementos finitos es un método numérico potencial para resolver problemas reales. La idea básica, detrás de este método, es de crear un modelo matemático que consiste de pequeñas piezas de estructura, los cuales son llamados elementos finitos.

En cada uno de estos elementos, una conveniente solución aproximada es asumida y las condiciones de equilibrio total son derivadas. La satisfacción de

estas condiciones producen la solución requerida.

La lista de programas de análisis con que cuenta el paquete de COSMOSM/M son:

1.- MODSTAR: Post-procesador, Se trabaja introduciendo la base de datos directamente desde el teclado. Contiene una mayor variedad /e análisis.

2.- GEOSTAR: Pre-procesador y post-procesador. Se introduce la base de datos generando un modelo por medio del "mouse" (ratón).

3.- STAR: Análisis estático.

4.- STRES: Análisis de esfuerzos.

5.- DSTAR: Análisis de frecuencia y forma de modos.

6.- HSTAR: Análisis de flujo de calor estable y transiente.

1.5.1 CAPACIDADES DE ANALISIS.

1.- Análisis estático.- para encontrar los desplazamientos debidos a:

- a) Cargas nodales concentradas.
- b) Cargas de presión en elementos.
- c) Cargas de temperatura nodal.
- d) Cargas de gravedad.

2.- Análisis de esfuerzos.- determinación de esfuerzos en elementos finitos debido a deformaciones obtenidas del análisis estático.

3.- Análisis de frecuencia.- determinación de frecuencias naturales y formas de modo usando:

- a) Iteración de sub-espacio.
- b) Método de Jacobi.
- c) Método de Lanczos.
- d) Reducción de Guyan.

4.- Análisis de pandeo.- determinación de cargas de pandeo.

5.- Análisis térmico.- lineal y no lineal de estado estable y transiente de conducción de calor. Incluye cargas térmicas.

- a) Temperaturas nodales, flujo de calor nodal, generación de calor nodal
- b) Generación de calor de elementos, convección sobre cara de elementos.

c) Condiciones de frontera de radiación.

6.- Análisis post-dinámico.-- respuestas debido a cargas dinámicas usando las frecuencias y formas modales obtenidas a partir del análisis de frecuencia y la generación del espectro de respuesta.

7.- Capacidades de representación gráfica.- tenemos:

- a) Formas deformadas y no-deformadas con numeros de nodos y de elementos.
- b) Restricciones de desplazamientos.
- c) Fuerzas nodales y concentradas y cargas de presión Sobre elementos.
- d) Capacidad de sombreado de esfuerzos y objetos, reducciones y ampliaciones.
- e) Contornos de esfuerzo con valores de esfuerzo asociado.
- f) y animación.

1.5.2 La pantalla de GEOSTAR.

La pantalla de GEOSTAR consta de siete partes:

4. ICONS.- El usuario controla con ellos los parámetros tales como color de la pantalla,

operación del ratón, líneas de ayuda y otras funciones; las cuales se encuentran sobre el lado derecho de la pantalla.

- Menú de comandos del PULL-DOWN.- Estos menú de comandos corresponden a aplicaciones específicas, los cuales se encuentran en la parte superior de la pantalla.

- Caja de diálogo.- Listado del comando que se ejecuta y mensajes de situación aparecen aquí, también usado para entrada de comandos y parámetros desde el teclado; se encuentra en la parte inferior de la pantalla.

- Area del dibujo.- Comprende el centro de la pantalla donde el modelo es construido y mostrado.

- Cursor del ratón.- Una flecha roja muestra la ubicación del ratón sobre la pantalla, éste se mueve a la vez que se de un nombre al problema.

- Flecha XYZ.- muestra la orientación de su modelo sobre la pantalla.

- Area de leyenda. Ubicada en la esquina

versión de GEOSTAR, la fecha y hora.

1.5.3 Menú de comandos y funciones de rápido acceso.

Se puede construir un modelo utilizando yno de dos métodos, los cuales son: ingreso interactivo; con la ayuda de los menús del pull-down, las funciones de rápido acceso, el ratón y el ingreso desde el teclado; y el otro método, es el ingreso en grupo, el cual permite presentar un archivo de comandos, requeridos para construir un modelo. Los archivos ingresados en grupo pueden ser importados desde otros programas, tales como programas CAD, o pueden ser archivos de base de datos de GEOSTAR.

Además se cuentan con las funciones de rápido acceso, las que seleccionan pocas funciones específicas con mínimo esfuerzo. Así tenemos:

- ABORT.- Cancela el comando corriente.
- HELP.- Provee una línea de ayuda para el comando corriente.

- PNT.- Repinta el dibujo.

- CLS.- Limpia la ventana completamente, con el color de fondo especificado.

- SNP.- Permite seleccionar y escoger puntos especificados del modelo, mostrador en una grilla, por medio del ratón.

- PIC.- Permite seleccionar entidades geométricas, tales como puntos, líneas, etc., con el ratón.

- REP.- Repite el comando corriente.

- F-C.- Activa el color del primer plano de entidades.

- B-C.- Activa el color de fondo de la pantalla,

CAPITULO II

COMANDOS DE PANTALLA.

2.1 REJILLA (GRID).

- **PLANE.**- Este comando define un plano paralelo a alguno de los planos de coordenadas X-Y, Y-Z o Z-X, por especificación del eje normal al plano y la coordenada de elevación, Este puede ser editado en cualquier sistema de coordenadas activo. El plano que se define será sobre el cual se muestre la grilla cuando ésta sea activada.

Sintaxis del comando:

norm_axis: El símbolo del eje normal al plano. El eje puede ser cualquiera X, Y o Z. (Por omisión es el eje Z).

offset: La magnitud de elevación sobre el eje para ubicar la posición del plano sobre el eje. (Por omisión es 0.0)

line_style: El estilo de líneas de la grilla .
EQ.0: blanco, no muestra la grilla.
EQ.1: líneas sólidas de la grilla.
EQ.2: líneas punteadas de la grilla. (Por omisión es 1)

Ejemplo: PLANE,Z,1.,1

Esto define un plano paralelo al plano X-Y ubicado a un valor de 1 en la coordenada Z. La grilla es dibujada usando líneas sólidas.

- GRIDON y GRIDOFF.- Estos comandos se utilizan para mostrar y borrar la grilla en un plano predefinido. El origen de la grilla y sus dimensiones pueden ser especificadas de acuerdo a las dimensiones del modelo. Las puntas de la geometría sólo pueden ser colocados en puntos de la grilla. El estilo de líneas de la grilla es especificado por el comando PLANE.

Sintaxis del comando:

org_1st_coord.- el valor de coordenada para el origen primer eje (por omisión es 0).

org_2nd_coord.- el valor de coordenada para el origen del segundo eje (por omisión es 0).

first_incr.-espaciamiento entre líneas de grilla a lo largo del segundo eje (por omisión es 5).

second_incr.- espaciamenta entre líneas de grilla a lo largo del segundo eje (por omisión es 5).

num_1st_inc.- número de líneas de la grilla espaciadas a lo largo del primer eje (por omisión es 20).

num_2nd_inc.- número de líneas de la grilla espaciadas a lo largo del segundo eje (por omisión es 20).

grd_clr.- color de la5 líneas de la grilla. (por omisión es el color número 2).

Notas.- muchas grillas pueden ser dibujadas sobre la misma pantalla. Pero los puntos pueden ser sólo dados sobre la grilla activa.

2.2 PARAMETROS DE VISTA (VIEW_PAR).

- **VIEW.**- Este comando define la dirección relativa de la vista a la cual el objeto es trazado sobre la pantalla. La línea de vista es siempre normal a la pantalla con el objeto orientado en la dirección especificada.

Sintaxis del comando:

X,Y,Z_coord.-las coordenadas de X, Y i Z de un punto a lo largo del eje, definiendo la dirección de la vista. La dirección de la vista es la dirección a lo largo del vector desde el origen al punto especificado por las coordenadas. (Por omisión X, Y i Z son 0, 0 i 1 respectivamente).

- **AXIS.**- Este comando controla el trazado de los ejes del sistema de coordenadas cartesianas global sobre la pantalla. Un color puede ser especificado para los ejes.

Sintaxis del comando:

draw_flag.- bandera para trazar o borrar los ejes de coordenadas sobre la pantalla.

EQ.1; dibuja los ejes.

EQ.0; no dibuja los ejes. (Por omisión es 1).

- **ASPECT.**- Define la razón de aspecto (y/x) por el cual el trazado de la geometría del modelo puede ser distorsionada ya sea en la dirección vertical u horizontal.

Este comando es muy utilizado para mejor evaluación visual de secciones angostas. Este comando deja definida la pantalla de tal forma que los comandos que se ejecuten seguirán con el mismo valor de escala hasta que sea cambiado.



Sintaxis del comando:

ratio.- razón de la escala en la dirección Y a la que X es distorsionada.

- **EXTENTS.**- Define la extensión de la ventana dando las coordenadas de una esquina menor y luego de otra esquina mayor de tal forma que recorta del objeto la parte que se encuentra dentro de la ventana, quedando fuera de ésta el resto del objeto.

- **RESET.**- Redefine la posición de los ejes en la posición inicial.

- **REPAINT.**- Limpia la pantalla y redibuja todas las entidades sobre la pantalla.

- **CLS.**- Limpia completamente la pantalla eliminando todas las entidades de dibujo.

- **FCLR y BCLR.**- Define los colores del fondo de la

pantalla y las entidades de dibujo trazadas sobre **este**, respectivamente.

PARAMETROS DE PANTALLA (DISP_PAR).

TRANSLATE.- Este comando permite al usuario trasladar (o mover) el cuadro de dibujo desde un punto a otro. Los hilos **cruzados** aparecen sobre la pantalla una vez que el comando es editado. Los puntos de comienzo y destinación son dados usando los hilos **cruzados** para establecer la dirección y la cantidad de desplazamiento.

Notas:

- 1) El comando es un comando de acción resultando en formación automática de la figura trasladada una vez que el comando es ejecutado. Para completar la ejecución del comando, seleccione el punto inicial por posicionamiento del hilo cruzado al punto deseado utilizando el ratón (mouse) y presione "enter" para luego mover el hilo **cruzado** al punto final y nuevamente presionar "enter" para completar el proceso,
- 2) Este comando puede ser repetido para re-posicionamiento de la figura.

3) El comando RESET re-dibuja el objeto en la posición original.

- ROTATE.- Este comando permite la rotación de los ejes alrededor de los X, Y o Z. Esto básicamente define, el ángulo de rotación de la vista, a ser aplicada antes del trazado.

Múltiples aplicaciones del comando resultan en la adición escalar de los ángulos. El comando RESET redefine la vista a su dirección base.

Sintaxis del comando:

rot_ang_x,y,z; ángulos de rotación en grados, a ser aplicados al objeto alrededor de las ejes X, Y i Z del objeto. (los valores por omisión son 0.0).

Ejemplo: ROTATE,30.0,0.0,45.0

Este comando aplica una rotación de 30 y 45 grados alrededor de los ejes x i z del objeto. Los siguientes comandos de trazado "PLOT" mostrarán el objeto en estado rotado.

- SCALE.- Este comando le da escala a la pantalla.

Sintaxis del comando:

`scal_fac.`- este es el factor por el cual el objeto toma la escala con respecto a la dimensión de la pantalla. El valor por omisión es 0.0 el cual llena, completamente la pantalla con el objeto,

Ejemplo: `SCALE, 0.5`

Esta escala baja el tamaño del objeto tal que este ocupa la mitad de la dimensión de la pantalla.

Nota: el objeto completo es considerado, incluyendo entidades que no son trazadas. El comando `PSCALE`, por el otro lado considera la parte trazada del objeto.

- `PSCALE.`- Este comando redibuja el objeto después de ejecutarlo, escalando la parte a ser trazada con respecto a la pantalla así que la parte ocupará la ventana completa. No tiene argumentos al comando.

- `ZOOMIN.`- Este comando permite una ampliación del dibujo en la parte que se defina por medio de una ventana manejada con los hilos cruzados.

- `ZOOMOUT.` Este comando permite salir del `ZOOMIN`, previamente ejecutado, de tal forma que regresa al trazado inmediato anterior.

- **SHRINK.**- 'Especifica el factor de contracción (disminución), dando la disminución **relativa de la separación** (gap) a esperarse entre los elementos a ser trazados. Puede ser entre 0 y 1.

Notas:

1) Este comando hace posible esto para examinar conectividades de los elementos.

2) Puede ser repetida para más disminución de los elementos.

3) El comando RESET redibuja al caso del valor por omisión.

- **HIDDEN.**- Activa o desactiva el trazado de las líneas ocultas de los elementos.

Sintaxis del comando:

hidd_flag.- especifica el tipo de trazado.

EQ.0; no traza las ocultas.

EQ.1; traza las ocultas.

bf_flag.- bandera de cara de frontera,

EQ.0; considera todos elementos

sólidos.

EQ.1; no considera elementos sólidos interiores.

Nota: El `bf_flag` afecta sólo elementos sólidos. Elementas interiores son elementos que no tienen una cara que esté ubicada sobre la superficie asociada con un volumen.

El comando `EPLLOT` muestra los elementos con líneas ocultas suprimidas, todos los elementos sólidos son considerados.

- `SHADE`.- Activa o desactiva el sombreado de los elementos trazados.

Sintaxis del comando:

`shad_flag`.- bandera de sombreado.

0; sombreado,

1; no sombreado.

`bf_flag`.- bandera de cara de frontera.

0; considera todos los elementos sólidos incluyendo los interiores.

1; no considera.

- **LIGHT.** - Especifica la ubicación de fuente de luz para trazar la sombra. Relativa a las coordenadas de dirección de la vista.

- **BOUNDARY.** - Especifica si es que traza los elementos de frontera o no.



BIBLIOTECA

Sintaxis del comando:

bound_flag.- Las banderas de frontera pueden ser:

EQ.0; no dibuja los elementos de frontera.

EQ.1; dibuja los elementos de frontera.

(Por omisión es 1).

MANEJO DE VENTANAS. (WINDOWS)



BIBLIOTECA

- **WCREATE.** - Crea nuevas ventana. Hasta cuatro ventanas pueden ser creadas.

Sintaxis del comando:

n_win.- Número de ventanas a ser creadas (Límite es 1).

Notas:

1) Si una ventana es especificada, el usuario estará

Esto a especificar su esquina opuesta usando el ratón y los hilos cruzados. Si dos ventanas son creadas la ventana uno ocupa la mitad derecha mientras que, la segunda ocupa la mitad izquierda de la pantalla. Si tres ventanas son creadas la mitad izquierda es verticalmente dividida entre la segunda y tercera ventanas. Si cuatro ventanas son creadas, la pantalla es igualmente dividida,

2) La última ventana creada se convierte en la ventana activa, La ventana activa presenta a la izquierda una distinción de color rojo. Esta presentación es de abertura pero ventanas inactivas son coloreadas de verde.

3) Si una figura existe sobre la pantalla anterior a la creación de alguna ventana, esta figura sería mostrada en la ventana número uno.

- WOPEN.- Abre una ventana cerrada. La ventana abierta posicionará en su ubicación de antes de ser cerrada.

Sintaxis del comando:

index.- número de ventana entre 1 y 4.

Nota: El comando puede ser ejecutado tipeando el ratón

sobre la presentación de la ventana, en este caso el `index` no es necesitado.

Ejemplo: `WOPEN,2`.

Este comando abre la ventana `w2`. Lo que muestre la pantalla `w2` antes de ser cerrada es preservado y aparecería en la apertura de la ventana.

- `WMOVE`.- Mueve una ventana abierta. El proceso de movimiento de la ventana empieza por punteado de la flecha del ratón a la esquina inferior izquierda de la ventana, trasladando la ventana a la ubicación deseada y presionando el botón izquierdo.

Sintaxis del comando:

`index`.- número de ventana a ser movida.

Nota: La ventana movida preserva sus dimensiones anteriores al movimiento.

- `WRESIZE`.- Redimensión de una ventana abierta. La nueva dimensión de la ventana puede ser dada desde el ratón ubicando las dos esquinas opuestas.

La sintaxis del comando es similar al anterior.

- **WPUSH.**- Este comando coloca una ventana al fondo. Una ventana colocada al fondo no bloquea la vista de alguna otra ventana. Solo porciones de la ventana colocada, no interferirán con otras ventanas que son mostradas.

Nota: Una ventana cerrada también puede ser colocada.

La sintaxis del comando es similar a los anteriores.

- **WPOP.**- Este comando suelta una ventana abierta al frente (sobre otras). La ventana especificada se convertirá en la ventana activa.

La sintaxis del comando es similar a los anteriores.

- **WCLOSE.**- Cierra una ventana abierta. La ventana cerrada es movida a la izquierda y es reducida a una pequeña gráfica con su título.

La sintaxis del comando es similar a los anteriores.

- **WDELETE.**- Suprime una ventana. Ventanas abiertas o cerradas pueden ser suprimidas por este comando.

Igualmente la sintaxis del comando es similar a los anteriores.

Con toda la información que se ha mencionado en las páginas anteriores el usuario ya está en capacidad de manejar la pantalla de trazado como más le convenga.



CAPITULO III.

GENERACION DE GEOMETRIAS.

3.1 INTERFACE DE AUTOCAD.

El programa de dibujo AUTOCAD puede ser usado como un completo editor de dibujos de modelos, generando archivos de intercambio para ser recibidos por COSMOS/M y ser analizados.

Por ejemplo, se puede usar AUTOCAD para describir estructuras que son entonces enviadas a un gran computador para análisis estructural de elementos finitos, se puede computar esfuerzos y desplazamientos y regresar la información para mostrar la estructura deformada como un dibujo de AUTOCAD.

Para poder trasladar archivos de dibujos (modelos), COSMOS/M cuenta con cuatro diferentes tipos de programas, para generar archivos de intercambio, los cuales son:

1) GS_IGES

- 2) IGES_GS
- 3) GS_DXF
- 4) DXF_GS

El formato DXF tiene como característica principal que toda la información de modelamiento de sólidos, es mantenida cuando se transfieren dibujos.

En el formato IGES la información de modelamiento de sólidos no es soportada en el archivo generado, toda información de modelamiento de sólidos es perdida cuando se transfieren archivos.

Esta sección describe muy en breve el formato de AUTOCAD DXF (drawing interchange file) y los principales comandos provistos para leer y escribir estos archivos. Archivos DXF son archivos de texto estándar ASCII, ellos pueden fácilmente ser trasladadas al formato de otros sistemas CAD o sometidos a otros programas para análisis especializado por elementos finitos.

El comando DXFOUT puede generar un archivo de intercambio de dibujo. El formato del comando es:

Command: DXFOUT file name <por omisión>: nombre o enter.

El nombre por omisión para el archivo de salida es el mismo que el del dibujo corriente pero con un tipo de archivo .dxf. Si se especifica un nombre de archivo explícita, no es necesario incluir el tipo dxf. ya que este es asumido. Si un archivo con el mismo nombre existe alrededor, este es borrado. Si usted especifica el archivo utilizando una caja de diálogo, como es el caso del AUTOCAD11, y un archivo con el mismo nombre existe, AUTOCAD lo llama, permitiendo que se acepte o se cancele la supresión del archivo.

Para recibir el archivo de intercambio generado en AUTOCAD, dentro de COSMOS/M, se tiene que recurrir al menú de CONTROL, en el cual encontramos el comando CAD_SYS, que a su vez contiene los subcomandos con los cuales se manejan los programas mencionados anteriormente, los cuales son: IGES_INP - IGES_OUT y DXF_INP - DXF OUT.

DXF_INP.- este comando lee un archivo DXF creado por un paquete de CAD y traslada este ingresando una estructura de alambre (wire-frame) dentro del ambiente de GEOSTAR. GEOSTAR puede entonces completar la generación del modelo y ejecutar el proceso de enmallado de elementos finitos.

Sintaxis del comando:

file_name.- nombre del archivo con extensión. El archivo debe tener extensión "dxf". (El nombre del archivo por omisión es el nombre del problema con extensión "dxf".)

Ejemplo: DXF_INP, TEST.DXF

Este comando lee desde el archivo **TEST.DXF** los datos geométricos generados por otro paquete CAD y trasladado este dentro de la base de datos de **GEOSTAR**.

GENERACION DE PUNTOS.

POINTS.- Dentro de este submenú encontrarnos diversos comandos para la generación de puntos de una geometría entre los cuales tenemos:

- **PT.**- Define las coordenadas de un punto en el sistema de coordenadas activo, sea este global o local. Si se encuentra activado el "PIC", los puntos pueden ser colocadas por medio del ratón en una grilla en un plano predefinido.

Sintaxis del comando:

* **label.**- Número que se le asigna a cada punto. El valor

por omisión es el máximo número de punto definido.

X, Y i Z.- Coordenadas del punto en el sistema de coordenadas activo.

PTGENR:

PTRELOC.- Este comando reubica un grupo de puntos mediante una traslación y/o rotación específico en el sistema de coordenadas activo. Los puntos deben do ser libres de asociación con entidades más altas, para una sucesiva reubicación.

Sintaxis del comando:

bkpt.- punto inicial del modelo.

ekpt.- punto final del modelo.

incr.- incremento entre los puntos del modelo.

flag.- bandera de generación:

0; para traslación,

1; para rotación,

2; para traslación y rotación.

X,Y,Z_tans.- la magnitud de traslación en el sistema

corriente de coordenadas activo.

Comando:

theta_X,Y,Z.- La magnitud de rotación en grados,

datos:

PTONCR.- Define un punto en una curva especificada.

La localización del punto es definida en términos de coordenadas paramétricas de la curva.

datos:

Sintaxis del comando:

Comando:

cr.- curva en la cual el punto va a ser creado.

u_coord.- coordenada paramétrica del punto sobre la curva (entre 0.0 y 1.0).

PTTOL.- Define la tolerancia para los puntos, permitiendo la unión de espaciamientos entre puntos. Es usado cuando un modelo es trasladado desde programas CAD o GEOSTAR.

Sintaxis del comando:

pt_tol.- tolerancia de unión de los puntos.

En fin dentro de este sub-comando PTGENR encontramos facilidades para manipular puntos como: mover, copiar, generar y definir puntos.

- **PTEDIT.**- Dentro de este sub-menú encontramos los comandos necesarios para dar facilidades de edición de los puntos tales como: identificar, enumerar, trazar, listar, suprimir, borrar o recuperar puntos ya definidos. Cuando se suprime un punto este es eliminado de la base de datos mientras que cuando se borra este solo de la pantalla pero' se mantiene en la base de datos para luego ser redibujado.

3 GENERACION DE CURVAS.

CURVES:

- **CRZCORD.**- Define una línea entre dos puntos en el espacio. Los puntos son especificados por sus coordenadas o convenientemente colocados en una grilla predefinida. La dirección de la línea va del primer punto al segundo.

Sintaxis del comando:

ncr.- número de la curva. (El valor por omisión es la máxima curva numerada + 1).

x1, y1, z1.- coordenadas del punto inicial.

x2, y2, z2.- coordenadas del punto final.

- **CRPCORD.**- Crea una serie de puntos y conecta estos mediante líneas rectas. Hasta 20 puntos y 19 líneas pueden ser creados. Los puntos son especificados por sus coordenadas, o convenientemente colocados en una grilla predefinida si el "SNP" icon está activado. El programa recibe más puntos hasta que un punto es seleccionado dos veces o las coordenadas de un punto se repiten.

Sintaxis del comando:

label.- número de la curva.

$x(i), y(i), z(i)$.- coordenadas x, y, z del punto (i) .
 $(i=1, 2, \dots, 20)$.

- **CRLINE.**- Define una línea usando dos puntos.

Sintaxis del comando:

ncr.- número de la curva. (Por omisión es el máximo número de curva definido +1).

pt1.- punto inicial.

pt2.- punto final.

- **CR4P.**- Crea una curva que pasa a través de los puntos especificados. La curva se define mediante un ajuste a un polinomio cúbico que pase a través de **estos** puntos.

Sintaxis del comando:

label.- número de curva (por omisión, máximo número de curva definido +1).

pt1.- primer punto.

pt2.- segundo punta.

pt3.- tercer punto.

pt4.- cuarto punto.

- **CURARC.**- Define un arco circular definiendo tres puntos. Los primeros dos puntos son los puntos extremos del arco y el tercer punto es un punto de referencia para fijar la dirección de la curvatura del arco. El tercer punto no necesita ser exactamente el centro pero este debe ser definido hacia el lado del centro del arco.

Sintaxis del comando:

ncr.- es el número de la curva.

pt1.- punto inicial.

pt2.- punto final.

ptc.- punto hacia el centro de la Curvatura.

rcd.- radio del arco. (El radio es calculado basado en 1/4 de círculo entre el punto inicial y el final.

- CIRCLES.- Dentro de este comando existe un sub-menú para seleccionar la generación de círculos, dando facilidades de diversos tipos, como: arco y punto, arco y tres puntos, círculo en un plano prescrito, usando dos puntos para definir el diámetro, etc.

- CRCONIC.- Define un arco cónico que puede ser parabólico, hiperbólico o elíptico.

Sintaxis del comando:

ncr.- número de la curva.

pt1.- punto inicial de la curva.

pt2.- punto final de la curva.

pt3.- intersección de los extremos de las tangentes.

rho.- parámetro que especifica el tipo de arco.

=0.5; parabólico.

<0.5; elíptico.

>0.5; hiperbólico.



- **CRELLIPSE.**- Define una elipse en el espacio usando un punto en un extremo de eje coordenado principal, un punto en un extremo de un eje coordenado secundario y un punto en el centro.

Sintaxis del comando:

label número de la curva.



ptmjr.- punto en un extremo del eje coordenado principal.

ptmnr,- punto en un extremo del eje coordenado secundario.

ptcntr.- punto en el centro.

nquad.- número de cuadrantes a ser dibujados.

- **CRHELIX.**- Crea un arco helicoidal usando 3 puntos, un

radio, una separación y un ángulo.

Además de los comandos antes mencionados existen una variedad muy completa para generación de curvas, círculos, manipuleo de curvas y facilidades de edición de las mismas.

GENERACION DE SUPERFICIES:

SURFACE:

- SF3DORD.- Define una superficie de tres lados en el espacio, las puntos pueden ser especificadas por sus coordenadas, o convenientemente escogidos por el ratón en una grilla previamente definida si el "SNP" icon está activado.

Sintaxis del comando:

label.- número de superficie.

x1, y1, z1.- coordenadas para el primer punto, de igual forma para el segundo y tercer punto.

- SF4CORD.- Define una superficie de cuatro lados definiendo cuatro puntos. los puntos con dados de igual forma que el comando anterior.

SF3PT. - Define una superficie de tres lados uniendo tres puntos en el orden dado. Si una superficie sobresituada es especificada, los puntos deberán ser unidos por curvas situadas en la superficie especificada, de otro modo serán unidos por líneas rectas. Es recomendado usar el comando PTONSF para crear puntos sobre una superficie.

Sintaxis del comando:

label. - número de la superficie a crear.

pt(i). - puntos a definirse.

usf. - superficie sobresituada:

O: si los puntos son conectados por líneas rectas.

N: si los puntos son conectados por curvas sobre la superficie N.

SF4PT. - Similar al anterior pero utilizando cuatro puntos.

SFPTCR. - Define una superficie de tres lados, especificando una curva de borde y el vértice opuesto. Si una superficie ya situada es especificada. Los

extremos de la curva y el **vértice** pueden ser unidos por curvas situadas en la superficie especificada. Los finales de la curva y el **vértice** pueden ser unidos por curvas situadas; en la superficie específica.

Sintaxis del comando:

label.- número de la superficie.

bcr.- número de la curva borde.

vtx.- punto vértice opuesto a la curva de borde.

usf.- superficie sobresituada:

O; extremo de la curva son conectados con el vértice por líneas rectas.

N; extremos de la curva son conectados con el **vértice** por curvas situadas en la superficie N.

- SF2CR.- Define una superficie de cuatro lados especificando dos lados de la superficie que es formado uniendo los puntos extremos. GEOSTAR automáticamente alinea las curvas creando una superficie factible. Si una superficie sobresituada es especificada las curvas deben de situarse en esta,

long

La sintaxis del comando es similar al anterior.

- **SF3CR.**- Define una superficie de tres lados usando tres curvas de borde. Las tres curvas deben formar un lazo cerrado. Se recomienda crear las curvas con CRONSF para usar este comando.

La sintaxis del comando es similar a los anteriores.

- **SF4CR.**- Define una superficie de 4 lados usando 4 curvas de borde. Las 4 curvas deben de formar un lato cerrado.

La sintaxis del comanda es similar a los anteriores.

- Además de los comandos mencionados anteriormente existen comandos de manipuleo de superficies, con los cuales se pueden reorientar direcciones, reparametrizar, crear filletes circulares o dividir superficies.

SFGENR:

- **SFEXTR.** Define una superficie por extrusión de curvas a la largo de un eje coordenado específico en el sistema de coordenadas activo, especificando la longitud de extrusión.

Sintaxis del comando:

bcr.- primera curva del modelo.

ecr.- última curva del modelo.

incr.- incremento entre las curvas del modelo.

axis. eje de coordenadas para extrusión (X, Y, Z).

length.- longitud de la extrusión.

SFSWEEP.- Define una superficie al barrer una curva específica alrededor de un eje coordenado en el sistema de coordenadas activo, especificando además el ángulo de barrido. El número de superficies generadas por barrido de una curva simple depende del número de segmentos que se especifique. Para mayor exactitud se recomienda una superficie por 90 grados de barrido.

Sintaxis del comando:

bcr.- primera curva del modelo.

ecr.- última curva del modelo.

axis.- símbolo del eje. (X, Y, Z).

ang.- ángulo de barrido en grados.

Aseg.- número de segmentos por arco circular (por
emisión un segmento por cada 90 grados).

- SFDRAG.- Define una superficie por el arrastre de un grupo de curvas a lo largo de un perfil definido por otras curvas. La curva perfil debe tener una primera derivada continua. Debe generalmente ser tal que una curva no intersecta a sí misma al ser arrastrada. El número de superficies generada es igual al número de curvas perfil multiplicado por el número de curvas en el -modelo (grupo).

Sintaxis del comando:

cr1.- primera curva del grupo.

cr2.- última curva del grupo.

crinc.- incremento entre las curvas del grupo.

--
nprofe.- número de curvas del perfil.

par(i).- curva i del perfil. Las curvas deben especificarse en orden y deben formar un continuo.

Además de estos, dentro de la generación de superficies se pueden reubicar, mover, redimensionar, copiar, generar, dar escala, generar superficies por simetría, facilidades de edición como son trazar, suprimir, borrar, listar; en fin una variedad de comando que dan facilidades al usuario.

GENERACION DE VOLUMENES:

VOLUMES:

VL8PT. - Defina un volumen especificando 8 punta, vértices. Los puntos pueden ser escogidos por 01 ratón, si el "PIC" ican está activado antes de trabajar con este comando. Las curvas deben especificarse en un orden cíclico para que cierre el volumen debidamente.

Sintaxis del comando:

label.- número del volumen.

npt.- número del punto. (Deben ser 8).

pt(i).- punto vértice i. (i=1,2,...,8).

VL4CR. - Define un volumen especificando cuatro

ang.- ángulo de barrido en grados.

nseg.- número de segmentos por arco circular (por omisión un segmento por cada 90 grados).

- SFDRAG.- Define una superficie por el arrastre de un grupo de curvas a lo largo de un perfil definido por otras curvas. La curva perfil debe tener una primera derivada continua. Debe generalmente ser tal que una curva no interseque a sí misma al ser arrastrada. El número de superficies generada es igual al número de curvas perfil multiplicado por el número de curvas en el modelo (grupo).

Sintaxis del comando:

cr1.- primera curva del grupo.

cr2.- Última curva del grupo.

princ.- incremento entre las curvas del grupo,

nprofe.- número de curvas del perfil.

par(i).- curva i del perfil. Las curvas deben especificarse en orden y deben formar un continuo.

curvas de lados. El volumen se construye conectando el punto inicial de cada curva al punto inicial de la siguiente curva. Similarmente los puntos finales son Conectados. De cualquier modo una bandera de alineamiento automática previene el cruce entre ellos.

Sintaxis del comando:

label.- número del volumen.

cr(i).- curva i.

align.- bandera de alineamiento automático.

1, use alineamiento automático.

0, no use alineamiento automático.

- VLPTSF.- Define un volumen especificando un punto y una superficie.

Sintaxis del comando:

label.- número del volumen.

pt.- punto vértice.

sf.- número de la superficie.

- **VLCRSF**, - Define un volumen especificando una curva y una superficie. El volumen es construido conectando el comienzo y el final de la curva al comienzo y el final de la primera curva paramétrica, respectivamente. Así con las siguientes curvas de la superficie. Se provee de un alineamiento automático.

Sintaxis del comando:

label, - número de la curva.

cr, - número de la curva.

sf, - número de la superficie.

align, - alineamiento automático.

1; use alineamiento automático.

0; no use alineamiento automático.

VLGENR :

- **VLEXTR**, - Define un volumen por extrusión de superficies a lo largo de un eje coordinado específico, se define una longitud de extrusión.

Sintaxis del comando:

sf1.- primera superficie del modelo.

sf2.- última superficie del modelo.

incr.- incremento entre las superficies del modelo.

axis.- símbolo del eje de coordenadas (X,Y,Z).

length.- longitud de extrusión.

- VLSWEEP.- Define un volumen por barrido de superficies alrededor de un eje coordenado específico en el sistema de coordenadas activo especificando el ángulo de barrido. El número de volúmenes generados depende del número de segmentos especificados. Un segmento por cada 90 grados es recomendado.

Sintaxis del comando:

sf1.- primera superficie del modelo.

sf2.- última superficie del modelo.

incr - incremento entre las superficies del modelo.

axis.- símbolo del eje coordenado.

Además...

ang.- ángulo de barrido en grados.

nseg.- número de segmentos por arco circular (**por omisión un segmento por cada 90 grados**).

- VLDRAG.- Genera un volumen por arrastre de un **grupo** de superficies a lo largo de un perfil de curvas. **Las** curvas perfil **deben** tener una **primer** derivada continua. El número de volúmenes generados es igual al número de superficies en el grupo (modelo) multiplicado por el **numero** de curvas perfil.

Sintaxis del comando:

sf1.- primera superficie del modelo.

sf2.- Última superficie dyl grupo.

sfinc.- incremento entre las superficies del grupo.

nprofc.- número de curvas del perfil.

pcr (i).- curvas del perfil. **Las** curvas deben ser especificadas en orden y deben formar **un** grupo continuo.

Además de los comandos mencionados anteriormente

dentro de generación de volúmenes, encontramos los comandos necesarios para mover, reubicar, redimensionar, generar, copiar, dar escala; en fin una gran variedad de comando que dan facilidades al usuario, al igual **que** en generación de puntos, curvas y superficies, así mismo se cuenta con las **ya** conocidas facilidades de edición.

3.6 GENERACION DE CONTORNOS Y REGIONES .

A esta parte de **la** formación de la geometría **de** un modelo, **se** le dará un especial énfasis ya que esta sección **será de** mucha importancia en la formación de mallas de elementos finitos y posteriormente en análisis del modelo.

3.6.1 CONTOURS

- **CT.**- Define un contorno de densidad uniforme (tamaño del elemento) usando curvas de referencia. **hasta** 20 curvas de referencia pueden ser especificadas. Una curva es suficiente **para** especificar un contorno **si no** existen otras alternativas de trayectoria. Sin embargo una alternativa de trayectoria existe, una curva de referencia debe seleccionarse para asegurar la trayectoria correcta.

Sintaxis del comando:

ctn.- etiqueta del contorno (número).

(El valor por omisión es el máximo número de contorno definido +1).

mflag.- bandera de enmallado.

EQ.0; enmallado es hecho por especificación de la medida promedio del elemento,

EQ.1; enmallado es hecho especificando el número de elementos sobre la frontera,

esize or enum.- medida promedio del elemento, si mflag EQ.0. Número de elemento sobre cada curva si mflag EQ.1.

crnum.- Número de curvas de referencia para definir el contorno. (Limite es 20) (Por omisión es 1).

cr(i).- etiqueta de la iésima curva de referencia a definir al contorno ($i=1,2,3,\dots,20$).

Notas:

1) El comando funciona chequeando un lazo cerrado y si un lazo cerrado no puede ser encontrado, el contorno no es creado.

2) La malla no es hecha por este comando.

3) La interpretación del tercer argumento depende del valor dado al segundo argumento.

Ejemplo: CT, 1,0,5.0,4,1,2,3,4. ,

(basado sobre medida promedio de elemento).

Este comando define el contorno número 1 usando las cuatro curvas numeradas 1,2,3,4 como curvas de referencia, una medida de elemento de 9.0 es especificada para enmallado futuro. Note que el contorno definido puede tener más de cuatro curvas.

- CTNU.- Define un contorno o parte de un contorno, con densidad no uniforme usando curvas especificadas, Esto permite al usuario especificar el numero deseado de elementos para cada curva nombrada, Todas las curvas formando el contorno deben especificar su Correspondiente densidad (numero de elementos). El límite sobre el número de curvas que puede ser especificado

es 40.

Sintaxis del comando:

ctn.- etiqueta del contorno (número).

ctnum.- número de curvas a definir el contorno o parte de este.

cr(i).- etiqueta de la iésima curva a definir el contorno. ($i=1,2,\dots,20$).

nlmnt(i).- número de elementos sobre la iésima curva ($i=1,2,\dots,40$).

Nota:

1) El comando funcionando chequeando un lazo cerrado y si un lazo cerrado no puede ser encontrado el contorno no es cerrado.

2) La malla no es hecha por este comando.

- **CTMODIFY.**- Modifica un contorno ya existente por reemplazo de una de sus curvas por otra o más curvas ya existentes. El comando puede ser usado también para redefinir el número de elementos sobre una curva por reemplazo del

mismo y especificando el número deseado de elementos a **ser** asociado con este.

Sintaxis del comando:

ctn.- etiqueta de contorno a ser modificada.

crn.- etiqueta de la curva **ser** modificada. **La** curva debe **ser una** del contorno seleccionado.

nrcr.- número de curvas reemplazadas (límite es 20).

rcr(i).- etiqueta de la **iésima** **curva** reemplazada.

nel(i).- número de elementos sobre la **iésima** curva reemplazada (por omisión es 4).

Natas:

1) **La5** curvas reemplazadas deben formar una trayectoria alternativa sin espaciamentos (gap), desde el punto inicial al punto final de la curva a reemplazar. Se tiene resultados **erróneos** si la orientación es invertida.

2) El comando no funciona chequeando lazos cerrados.

- CTDENSITY.- Redefine a su valor inicial la medida promedio da elemento para todos los contorno especificados en el modelo.

- CTEDIT.- Dentro de este comando encontramos diferentes subcomandos de edición da contorno como los mencionados en casos anteriores.

3.6.2 GENERACION DE REGIONES.

REGIONS:

- RG.- Crea una región definida por un contorno exterior y hasta 19 contornos interiores. El comando ejecuta el cheque de lazo cerrado en todos los contornos usados.

Sintaxis del comando:

rqn.- número de la región.

nct.- número de contornos que usaremos para definir la región.

oct.- número de contorno exterior.

ict(i).- contorno i interior.

- RGDENSITY.- Reajusta el tamaño promedio del elemento para todos los contornos asociados con cualquiera de las regiones, en el modelo especificado.

Sintaxis del comando:

brg.- primera región del modelo.

erg.- última región del modelo.

rgincr.- incremento entre las regiones del modelo.

oesize.- tamaño promedio del elemento a ser usado en la posterior malla de la región.

Así mismo como el caso del comando anterior, encontramos los comunes subcomandos de edición.

3.7 DEFINICION Y MANEJO DEL SISTEMA DE COORDENADAS A USARSE.

COORD_SYS:

- CSYS.- Define un sistema de coordenadas local basado sobre tres puntas especificados. Este sistema se convierte en el sistema de coordenadas activo corrientemente.

Sintaxis del comando:

label: número del sistema de coordenadas. (Debe estar entre 3 y 500).

cstype.- tipo del sistema local de coordenadas.

0; sistema cartesiano.

1; sistema cilíndrico.

2; sistema esférico.0

pto.- punto en *al* origen del sistema de coordenadas.

ptx.- punto en el eje x del sistema de coordenadas.

pty.- punto en el plano xy en el nuevo sistema de coordenadas,

Nota: Los sistemas de coordenadas cilíndricos y esféricos serán ser usados sólo para aplicación de fuerza y condiciones de frontera. Todas las definiciones geométricas deben ser hechas con respecto al sistema de coordenadas cartesiano global o local.

CAPITULO IV

DEFINICION DE PROPIEDADES . (PROPSETS)

4.1 GRUPOS DE ELEMENTOS :

- EGROUP.- Este comando define un grupo de elementos.

Sintaxis del comando:

group_number.- un número arbitrario entre 1 y 20 para identificar el grupo de elementos.

element_name.- nombre de los elementos definidos en este grupo. Los nombres válidos son los siguientes:

TRUS2D	PLANE 2D	RLINK
TRUS3D	SHELLAX	CLINK
BEAM2D	SHELL3T	ELINK
BEAM3D	SHELL4T	HLINK
PIPE	SHELL3L	GAP
ELBOW	SHELL4L	MASS
BOUND	SHELL3	SOLID
SPRING	SHELL4	

option (1)....(8).

MATERIALES.

- **MPROP.**- Define las propiedades estructurales y térmicas para un material. Los tipos de propiedades que pueden ser definidas están listados en el manual.

Sintaxis del comando:

material_set.- un numero arbitrario entra 1 y 20 para identificar este grupo de materiales.

property_name.- nombres de las propiedades del material. Las propiedades admisibles etiquetadas son:

ALPX.- coeficiente de expansión térmica en la dirección X

ALPY.- coeficiente de expansión térmica en la dirección Y

ALPZ.- coeficiente de expansión térmica en la dirección Z

DENS.- densidad del material.

EX.- módulo de elasticidad en la dirección X

EY.- módulo de elasticidad en la dirección Y

EZ.- módulo de elasticidad en la dirección Z

GXY.- módulo cortante en la dirección X-Y

GYZ.- módulo cortante en la dirección Y-Z

GXZ.- módulo cortante en la dirección X-Z

NUXY.- valor de Poisson, deformación en Y
debido a esfuerzo en X

NUYZ.- valor de Poisson, deformación en Z
debida a esfuerzo en Y

NUXZ.- valor de Poisson, deformación en Z
debida a esfuerzo en X

DAMP.- coeficiente de amortiguamiento

C.- calor específico.

KX.- conductividad térmica en la dirección X

KY.- conductividad térmica en la dirección Y

KZ.- conductividad térmica en la dirección Z

EMIS.- emisividad

HC.- coeficiente de película de convección

VISC.- viscosidad

property_value.- magnitud de la propiedad (por omisión es 0).

4.3 CONSTANTES REALES

‡ RCONST.- Define las propiedades geométricas del elemento o constantes reales para un elemento grupo especificada.

Sintaxis del comando:

egroup.- elemento grupo definidas con este sst de constantes reales.

nset.- un número arbitrario entre 1 y 100 para Identificar este numero de set (por omisión es 1).

slcnst.- ubicación inicial de la primera constante (por omisión es 1).

ncnst.- numero de constantes que deberían ser ingresadas (por omisión es 1).

const1...n.- valor de la constante real (por omisión es 0).

Nota: en capitulas posteriores se verá cuál es el número de constantes reales requeridas por **egroup** (tipo de elementos).

- PICK_MATERIAL.- Permite la definición automática de todas las propiedades térmicas y estructurales seleccionando un material desde la librería y asignando éste a un set de materiales.

Sintaxis del comando:

mat_set.- etiqueta del grupo de materiales. Limitado a 20 (por omisión es 1).

mat_name.- nombre del material seleccionado. Los

materiales aprovechables son:

W_COPPER.- cobre forjado.

T_BRONZE.- bronce estaño.

BBASS.- bronce.

GC_IRON.- hierro fundido gris (ASTM clase
4Q).

MC_IRON.- hierro fundido maleable. (ASTM
A220).

A_STEEL.- aleación de acero.

PC_STEEL.- plancha de acero al carbono.

CS_STEEL.- acero fundido inoxidable.

CA_STEEL.- aleación de acero colado (bajo 8%
de aleación).

WS_STEEL.- acero inoxidable forjado.

ALUMINIUM.- aleación de aluminio.

MAGNES.- aleación de magnesia (forjado o
colado).

D_NICKEL.- aleación de níquel (duránquel
301).

MONEL.- una aleación de níquel.

units.- unidades en las cuales van a ser definidas las
propiedades.

EQ.FPS; sistema inglés de unidades (pulgada,
libra fuerza y segundos).

EQ.SI.- sistema internacional de unidades
(metro, kilogramo masa, segundo).

EQ.MKS.- sistema métrico de unidades
(centímetro, kilogramo fuerza y segundos).

Notas:

1) El FPS y el MKS son sistemas gravitacionales, mientras el SI es un sistema absoluto, un sistema absoluto es independiente del valor numérico de la gravedad, así que la unidad de masa, es una unidad básica y la unidad de peso es una unidad derivada. Un sistema gravitacional es dependiente del valor numérico de la gravedad así que la unidad de peso es básica y la unidad de masa es derivada, El sistema SI es independiente de la ubicación y puede usarse donde sea. Los otros dos sistemas son dependientes de la ubicación.

2) los valores y unidades son escritos en la sección de archivo.

PICK_SEC.- Permite la selección de propiedades seccionales para elementos vigas desde las tablas de vigas estándar de los códigos de la AISC.

Sintaxis del comando:

NL

set.- etiqueta del grupo (set) de constantes
set.

sec_name.- nombre de sección de la AISC. Las
admisibles son:

WBEAM

DBEAM

HPBEAM

SBEAM

CBEAM

MCBEAM

dim_1.- profundidad normal de la sección en la
 dirección 1 y así usada en la AISC (para una sección
 ángulo, ésta es la longitud del brazo en la dirección
 y).

dim_2.- peso nominal por pie de la sección de acuerdo
 al AISC, para toda sección excepto ángulos. Par una
 sección ángulo este argumento es usado como longitud
 en la dirección x tal como es usado en AISC.

dim_3.- espesor de la sección de acuerdo al AISC,
 usado para secciones ángulo solamente.

Notas:

Según dim_1, 2 y 3 son los parámetros de identificación para la sección de acuerdo al AISC.

dim_3 es requerido solo para secciones ANGLE y RANGLE.

3) La definición de coordenadas locales X, Y i Z son diferentes en GEOSTAR y el AISC código.

4) El peso de la sección usado para otras secciones como ángulos es basada sobre la densidad del acero. Si el usuario esta usando algún otro material, el peso podría ser basado sobre así como en el código AISC. Esto no afecta a las propiedades del material ya que esto es usado solo para definir propiedades de la sección.

- EG, M, RCLIST.- lista el grupo (set) corriente definido de elemento grupo, material o reales constantes.

Sintaxis de los comandos mencionados son muy similares, por ejemplo:

EGLIST, beg, eeg, eganc.

beg.- primer elemento grupo a ser listado.

eg.- último elemento grupo a ser listado (por omisión es beg).

eginc.- incremento entre los elementos grupos (por omisión es 1).

- EG, MP, ~~ACPEL~~.- Estos comandos supriman grupos de elementos, propiedades del material o constantes reales, definidas previamente, desde la basa de datos.

La sintaxis es muy similar a los comandos mencionados anteriormente.



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

CAPITULO V

GENERACION DE MALLAS DE ELEMENTOS FINITOS.

El proceso conocido como mallado (MESHING) es un paso crítico en el análisis por elementos finitos. El tipo y ubicación de cada elemento como el número total y densidad de elementos tienen efectos profundos sobre la velocidad y exactitud del análisis.

El número y medida de elementos usado determina la densidad de malla. Mallas bastas (con pocos elementos) hacen tiempos de solución más pequeños pero limita la exactitud. Aquí, los nodos son colocados a intersecciones de elementos. Para crear una malla más fina más elementos son usados y nodos son colocados a otros puntos tan bien como a la sección media del elemento.

Una malla fina puede ser usada sobre un modelo entrado para elevada exactitud; así, áreas locales, tales como alrededor de agujeros de pernos pueden ser modelados con una malla fina para incrementar exactitud sin alargamiento del tiempo de solución.

Para tomar algo de tiempo fuera del enmallado, rutina de enmallado automático son aprovechables. Aquí el usuario especifica la geometría general, densidad de malla y el

software se encargara de generar la malla. La densidad de malla también puede ser guiada por el usuario para situar mallas más finas donde se necesiten. También otro proceso llamado enmallado adaptativo (ADAPTIVE MESHING), procura dejar fuera el tedioso modelamiento de mallas de elementos finitos. Aquí, una malla hasta (burda, gruesa, baja) es generada y el modelo es analizado. El software entonces automáticamente refina la malla usando resultados desde el primer análisis y así hasta que una respuesta satisfactoria sea obtenida.

5.1 MALLA PARAMETRICA. (PARAM_MESH).

- MPT.- Este comando crea una malla de elementos finitas consistentes de elementos masa y su correspondientes nodos desde un set de puntos especificados.

Sintaxis del comando:

bkpt.- punto de comienzo en el modelo.

ekpt.- punto de finalización en el modelo (por omisión es bkpt).

kptincr.- el incremento entre puntos del modelo. Los nodos y elementos que se generan son numerados por

omisión.

- MCR.- Crea una malla de elementos finitos consistiendo de elementos vigas o barras para una curva del modelo especificado.

Sintaxis del comando:

bcr.- primera curva del modelo.

ecr.- última curva del modelo,

incr.- incremento entre las curvas del modelo,

numod.- número de nodos por elementos, este ingreso puede ser 2 ó 3. Si el ingreso es 3, elementos vigas de tres nodos son creados. El punto que define el tercer nodo es apuntado como el siguiente apunte del comando. (El valor por omisión es 2).

numel.- número total de elementos sobre la curva.

spacing.- razón del espacio entre los siguientes dos nodos al espacio entre los primeros dos nodos sobre la curva. (Por omisión es 1).

kptbeam.- punto que define el tercer nodo para el

elemento viga 3D al fijar el eje principal *da* la viga. Este aparece 1isto sólo cuando "numod" es seteado igual a 3.

Notas:

1) Elementos vigas o ~~baras~~ en dos dimensiones pueden ser definidos a través del comando EG sólo cuando la curva es una curva plana no cuando es una curva espacial.

Ejemplo: MCR, 2,3,,,4,1.2

Esto define 5 nuevos nodos sobre cada una de las curvas dos y tres. La razón de espaciamiento entre el cuarto y quinto nodo al primero y segundo nodos es 1.2. Cuatro elementos por curva son generados. El elemento puede ser barra o viga en dos dimensiones basado sobre el elemento grupo activo. Note que si el elemento grupo activado es el BEAM2D, entonces un valor para kptbeam es requerido.

MSF. - Crea una malla de elementos finitos para todas las superficies en el modelo especificado. La malla consiste en elementos triangulares de tres o seis nodos o elementos cuadriláteros de 4, 8, 9 nodos.

Sintaxis del comando:

nume11: número de elementos sobre la primera curva paramétrica de la superficie.

nume12:

nume12: número de elementos sobre la segunda curva paramétrica de la superficie,

spacing1: razón del espacio entre los siguientes dos nodos sobre la primera curva paramétrica de la superficie.

spacing2: razón del espacio entre los siguientes dos nodos sobre la segunda curva paramétrica de la superficie,

Nota: Para conveniencia, la curva correspondiente es utilizada cuando el usuario está listo a dar el número de elementos.

com MVL: Crea una malla de elementos finitos consistiendo de elementos sólidos o tetraedros desde un set de volúmenes especificados.

MULT

Sintaxis del comando:

svi: volumen inicial en el modelo.

reg:

svf: volumen final en el modelo.

Sint:

vlincr.- incremento entre los volúmenes del modelo.

numnod.- numero de nodos por elementos. Su ingreso puede ser 8 o 20 para generar.

numel1,2,3.- número de elementos sobre la primera, segunda y tercera coordenada paramétrica del volumen, spacing1,2,3.- similar a los anteriores comandos.

Nota: Es recomendable editar el comando "actmark,VL,1" antes del comando M_VL para determinar las curvas paramétricas.

" MPTDEL.- Este comando suprime los elementos y los correspondientes nodos asociado con algunos de los puntos en el modelo especificado.

Así mismo se dispone de comandos para suprimir las mallas generadas por los comandos MCR, MSF y MVL.

MALLA AUTOMÁTICA. (AUTO_MESH)

- MA_RG.- Crea una malla de elementos finitos consistiendo de elementos triangulares para cada región especificada en el modelo.

Sintaxis del comando:

brg.- primera región en el modelo.

erg.- última región en el modelo.

rgincr.- incrementos entre las regiones del modelo.

niter.- número de iteraciones suavizadoras,

Notas :

1) La opción de iteraciones suavizadoras es usado para refinar el ajuste de los nodos generados de tal forma que algún nodo envuelto por un grupo de elementos es aproximadamente ubicado al centro de ellos. Usualmente no más de 5 iteraciones son necesarias.

2) los elementos triangulares pueden ser reemplazados por una malla de elementos cuadriláteros de 4, 8 ó 9 nodos, o de elementos triangulares de 6 ó 9 nodos, por al uso del comando MRGCH.

3) La dimensión del elemento promedio puede ser tenida en el valor dado por omisión o especificado por el comando RGDENSITY si fuera editado.

4) Problemas Podrán darse creando la malla si requerimientos no de acuerdo con la realidad son

especificados. En tales casos cambiar los requerimientos o dividir la región en dos o más regiones.

- MA_CTRG.- Crea una malla de elementos finitos de elementos triangulares para regiones especificadas en el modelo, Cada región deberá ser bordeada por sólo dos contornos (1 exterior y 1 interior). La malla irradia desde el interior al contorno exterior. La medida del elemento cambia progresivamente, entre los dos contornos para satisfacer el número de elementos especificados o la medida del elemento asociado con ellos.

La sintaxis del comando es similar al anterior.

- MA_PTRG.- Crea una malla de elementos finitos de elementos triangulares para una región especificada. La región debe ser continua y libre de algún agujero, así mismo ésta deberá ser definida por un sólo contorno. La malla radia desde el punto de referencia. Un parámetro de razón de espaciamento es usado para controlar el espaciamento radial en la dirección radial.

El comando es intencionado para enmallar áreas de concentración de esfuerzos no uniforme alrededor de un punto.

Sintaxis del comando:

rgn.- región a ser enmallada.

pt.- punto a ser usado como centro de enmallado.

spr.- razón de espaciamento definido como la medida promedio de elemento más cercano al punto de referencia, al punto más lejano de éste. Si el valor es más grande que 1, es ingresada el inverso. (Por omisión es 0.0).

bnrf.- bandera de redefinición de la frontera nodal.

EQ.0; redefine nodo6 sobre las fronteras de tal forma que la compatibilidad con la región adyacente es realizada.

EQ.1; ignora compatibilidad normal con mallas de regiones adyacentes. (Por omisión es 0.0).

Notas:

1) El elemento más cercano al punto de referencia permitiría ser el más pequeño en medida. El valor actual de spr usado por el programa, es siempre menor que 1, si un valor más grande es especificado el spr es considerado como el inverso del valor (así el spr de 10 es similar a 0.1).

2) Problemas pueden darse si se crea la malla considerando requerimientos no de acuerdo con la realidad.

Ejemplo: MA_PTRG, 1,5,,5,5,1.

Esto genera una malla de elementos finitos triangulares de tres nodos para la región 1, usando el punto número 5 como una referencia. La malla radia desde el punto de referencia. La medida de los elementos más cercanos al punto número 5 es aproximadamente la mitad de los elementos más lejanos de éste.

- MA_SF.- Este comando crea una malla de elementos finitos consistiendo de elementos triangulares de tres nodos para cada superficie en el modelo especificado. El usuario tiene la opción a basar el proceso de enmallado sobre una medida de elemento promedio o número aproximado de elementos sobre la frontera.

Sintaxis del comando:

bsf.- primera superficie en el modelo.

esf.- última superficie en el modelo.

`sfincr.`- incremento entre las superficies en el modelo.

`mflag.`- bandera para base de enmallado.

EQ.0; malla basado sobre medida de elemento promedio.

EQ.1; malla basada sobre numero de elemento sobre la frontera (por omisión es 0).

`iz/num.`- medida de elemento promedio (si `mflag EQ.0`) o numero aproximado de elementos sobre la frontera (si `mflag EQ.1`).

Notas:

1) Los elementos triangulares generados pueden ser reemplazados por una malla de elementos cuadriláteros por el uso del comando `MSFCH`.

2) La medida de elemento promedio asume el valor por omisión o como por el especificado por el comando `SFDENSITY`, si alguno fuera editado.

Ejemplo: `MA_SF, 1,5,1,0,5.`

Este comando automáticamente genera una malla de elemento finito de elementos triangulares de tres nodos para las superficies 1 hasta la 5. Una medida de

elemento promedio **de** 5.0 e5 especificada.

- **MA_PT5F.**- Crea una malla de elementos finitos triangulares para una superficie **usando** un punto **de** referencia. La superficie deberá ser continua **y** libre de algún agujero. El comando es intencionado para hacer mallas no uniformes de áreas de concentración de esfuerzos alrededor de un punto, el punto deberá ser **un punto** de esquina o en la región central de la superficie tal que cada una de sus coordenadas paramétricas **está entre** 0.1 y 0.9.

Sintaxis del comando:

sfm.- superficie a ser mallada.

pt.- punto a ser usado como centro de **malla**.

resize.- medida de elemento más cercano al punto **de** referencia.

Notas:

1) **La** medida del elemento cambia progresivamente entre los valores especificados.

2) No es generada **la** malla **si** el punto es demasiado cerrado a un lado de la superficie **y** este **no** e5 un

punto de esquina, así mismo si una coordenada paramétrica está fuera del rango de 0.1 a 0.9. En casos donde una malla es tan deseada, la superficie puede ser creada de tal forma que permita la malla deseada.

Ejemplo: MA_PTSP, 1,5,4.0,12.0.



Este comando genera una malla de elementos finitos triangulares de tres nodos, para la superficie número 1 usando el punto número 5, tiene una medida de elemento promedio de 4.0 y el elemento más lejano de este tiene una medida promedio de 12.0.

- MA_NUSF.- Este comando crea una malla de elementos finitos de elementos triangulares de tres nodos, para cada superficie en el modelo especificado. El usuario especifica el número de elementos a lo largo de los lados de la superficie.

Sintaxis del comando:

bsf.- primera superficie en el modelo.

esf.- última superficie en el modelo.

sfincr.- incremento entre las superficies del modelo.



neti).- número de elementos sobre el lado i ésimo ($i=1,2,3,4$) (Por omisión e5 4).

Notas:

1) Los elementos generados pueden ser reemplazados por una malla de elementos cuadriláteros por el uso del comando MSFCH.

2) El comando puede ser convenientemente usado para mallar una superficie de un modelo cuando el lado numerado es fácilmente determinado. Por otro lado, es recomendado editar este comando, para cada superficie separadamente.

Ejemplo: MA_NUSF, 1,5,1,10,5,15,12.

Este comando automáticamente genera una malla de elementos finitos de elementos triangulares de tres nodos para las superficies de 1 hasta 5. 10 elementos son colocados a lo largo del primer lado, 5 elementos a lo largo del segundo, 15 a lo largo del tercero y 12 a lo largo del cuarto.

- MA_CRSF.- Crea una malla de elementos finitos de elementos triangulares para una superficie usando un lado de referencia. La superficie debe ser continua y libre de agujeros. El comando es intencionado para mallar áreas de concentración de esfuerzos no

uniformes alrededor de un lado de la superficie,

Sintaxis del comando:

sfn.- superficie a ser mallada.

cr.- curva a ser usada como lado de referencia (puede ser un lado de la superficie).

nesize.- medida del elemento más cercano a la curva de referencia.

fesize.- medida del elemento más lejano a la curva de referencia.

Nota: La medida del elemento cambia progresivamente entre los valores especificados.

- MARGDEL.- Suprime la malla de todas las regiones especificadas del modelo.

Sintaxis del comando:

brg.- primera región del modelo.

erg.- última región del modelo.

rgincr,- incremento entre las regiones del modelo.

- También se cuentan con los comandos necesarios para suprimir mallas en superficies o cambiar el tipo de elemento en regiones o superficies.

1.3 GENERACION DE NODOS.

NODES.

- ND,- Crea un nuevo nodo en la ubicación especificada en el sistema de coordenadas activo y asociado éste con otra entidad. Las coardenadas del nodo pueden ser especificadas o el nodo puede ser colocado convenientemente sobre una grilla predefinida.

Sintaxis del comando:

label,- etiqueta del nodo a ser creado. (Por omisión es la etiqueta del máximo nodo definido +1).

x, y, z_loc,- coordenadas del nodo en las direcciones correspondientes (el valor por omisión es 1).

a_pt,- punto a asociarse con el nodo creado.

a_cr,- curva a asociarse con el nodo creado.

a_sf,- superficie a asociarse con el nodo creado.

a_vl.- volumen a asociarse con el nodo creado.

a_ct.- contorno a asociarse con el nodo creado.

a_rg.- región a asociarse con el nodo creado.

- NIDEN.- Identifica la etiqueta del nodo punteado por el ratón y muestra sus coordenadas en le área de diálogo. El PIC icon deba ser activado.

- NCOMPRESS.- Renumera las nodos especificados en el modelo continuamente sin algún espaciamento.

- NMODIFY.- Modifica las coordenadas de todos los nodos especificados en el modelo para forzar a ellos a asumir los nuevos valores. La modificación puede ser especificada en una forma absoluta o relativa.

Sintaxis del comando:

bnd.- primer nodo especificado en el modelo.

end.- último nodo especificado en el modelo.

--

ndinc.- incremento entre, los nodos del modelo.

arflag.- bandera absoluto/relativo.

EQ.0; nodos son reubicados a las coordenadas absolutas especificadas.

EQ.1; nodos son movidos a sus nuevas posiciones por el valor de desplazamiento relativo especificado.

x, y, z.- valores en la correspondiente dirección;

- NPTPUSH.- Este comando pulsa un nodo a un punto.

Este reemplaza las coordenadas del nodo con las del punto y preserva la conectividad con otros nodos.

Sin axis del comando:

nd. nodos a ser pulsado.

p. punta al cual el nodo es pulsado.

a flag.- bandera de cambio de asociación;

EQ.0; no cambia la presente asociación del nodo con otras entidades,.

EQ.1; cancela la asociación del nodo con otras entidades,

tas:

Este comando es intencionado para menores) modificaciones de nodos. No obstante el comando abaja para grandes distancia muy bien, pero la malla elementos finitos puede ser perjudicada si los) nodo

son pulsados grandes distancias. Una distancia excediendo la mitad de la dimensión del elemento es considerada grande.

2) Atención debe ser dada al uso de la bandera de asociación, ya que esto podría cambiar las fuerzas temperaturas, condiciones de frontera e otras cantidades asignadas.

Ejemplo: NPTPUSH, 1,5.

Este comando pulsa el nodo número 1 al punto número 5. El comando no cambia la asociación del nodo 1. Para ilustrar esta punto se puede hacer que el nodo 1 sea asociado con la curva número 10 antes de que éste sea pulsado al punto número 5. Ahora si una fuerza de 2 unidades es asignada a todos los nodos de la curva 10, esta asignación incluye al nodo 1 (en su nueva posición), aunque éste no esté más geoméricamente sobre esta curva.

- NCRPUSH y NSFPUSH.- Estos comandos pulsan todos los nodos especificados en el modelo a la curva o superficie vecina, respectivamente,

Sintaxis del comando;

bnd.- primer nodo especificado en el modelo.

end.- último nodo especificado en el modelo.

ndinc.- incremento entre los nodos del modelo.

cr o sf.- curva a superficie a la cual los nodos van a ser pulsados.

tol.- tolerancia de convergencia relativa.

aflag.- bandera de cambio de asociación:

EQ.0; no cancela la presente asociación de los nodos en el modelo con otras entidades.

EQ.1; cancela la corriente asociación de los nodos con otras entidades en el modelo.

Motas:

1) GEOSTAR lleva al pulsar, cada nodo al punto más cercano sobre la curva o superficie, especificada dentro de una pequeña tolerancia.

2) Este comando es intencionado para menor modificaciones de nodos. La convergencia no tendría lugar si la curva o superficie está demasiado lejos de

los nodos que están siendo pulsados y la calidad de la malla de elementos finitos puede ser perjudicada aún si la convergencia ocurre. Una distancia excediendo la mitad de la dimensión del elemento es considerada grande.

3) Al igual que el comando anterior se debe dar mucha atención a la bandera de asociación para no incurrir en errores.

- **NMERGE.**- Este comando causa que los nodos coincidentes sean unidos. La unión puede ser ejecutada con respecto a todos los nodos o con respecto sólo a los nodos especificados en el modelo.

Sintaxis del comando:

nsq
bnode.- primer nodo especificado en el modelo.

enode.- último nodo especificado en el modelo.

ndincr.- incremento entre los nodos del modelo.

Note
tolmag.- magnitud de tolerancia. Los nodos son unidos sólo si sus tres componentes están dentro de la tolerancia especificada (por omisión es 0.0001)

BIBLIOTECA

mrflag.- bandera de unión.

EQ.0; unión con respecto a todos los nodos en el modelo;

EQ.1; unión con respecto sólo a los nodos especificados en el modelo.

dirflag.- bandera de dirección.

EQ.0; uno de los nodos con etiquetas más altas con los nodos de etiquetas más bajas tal que si dos nodos son unidos el nodo con más alta etiqueta es suprimido,

EQ.1; uno de los nodos con etiquetas más bajas con los de etiquetas más altas tal que si dos nodos son unidos el nodo con más baja etiqueta es suprimido.

msgflag.- bandera de mensaje.

EQ.1; GEOSTAR edita un mensaje cuando dos nodos son unidos.

EQ.0; GEOSTAR no edita un mensaje cuando dos nodos son unidos.

Notas:

1) La conectividad de elementos, carpas y condiciones de frontera son automáticamente sobrepuestas después de la unión.



BIBLIOTECA

2) Si dos nodos son unidos y ambos tienen cargas y condiciones de frontera preescritos, entonces la magnitud más alta para cada componente es tomada.

3) Si las cargas o condiciones de frontera sobre dos nodos unidos son especificados en diferentes sistemas de coordenadas, entonces las condiciones preescritas para el nodo tomado son aumentadas y las condiciones para el nodo suprimido son ignoradas.

4) Si uniendo con respecto a los nodos en el modelo es especificado, entonces otros nodos (nodos no especificados en el modelo) no son chequeados para la unión.

LIST, PLOT, DELETE. - Se utilizan para listar, trazar o suprimir los nodos que se señalan en el modelo.

GENERACION DE ELEMENTOS.

ELEMENTS:

EL. - Crea un nuevo elemento usando un nodo o una entidad existente a asociarse con éste.

Sintaxis del comando:

label.- tipo de elemento a asociarse con el elemento creado (por omisión es la máxima etiqueta de elemento definido +1)

%?.-

&--entity .- tipo de entidad a asociarse con el elemento creado (por omisión es SF).

ent_label.- etiqueta de la entidad a asociarse con el elemento creado (por omisión es 0).

nnode.- número de nbds en el elemento.

nd(i).- iésima etiqueta de nodo.

add

- EIDENT, ECOMPHEBS, ELIST, EPLOT, EDELETE.- Son comando de características similares a los de generación de nodos.

- ECHECK.- Revisa la razón de aspecto para los elementos especificados en el modelo. Un mensaje es editado si la razón de aspecto de un elemento excede el valor especificado. El comando automáticamente suprime el elemento degenerado, desde la base de datos. Es recomendable editar este comando antes de realizar algún tipo de análisis.

- EPROPCHANGE.- Puede ser usado para cambiar las

propiedades de un número de grupo de elementos o asignar un color especificado a un elemento seleccionado del modelo.

Sintaxis del comando:

`bel.`- primer elemento especificado en el modelo.

`eel.`- último elemento especificado en el modelo.

`incr.`- incremento entre elementos.

`set name.`- nombre del grupo (set). Los nombres admisibles son: EG, RC o MP (por omisión es EG).

`set label.`- etiqueta del grupo a ser asignado (por omisión es el previamente asignado +1).

`ecolr.`- color del elemento.

CAPITULO VI.

SELECCION DEL TIPO DE ELEMENTO.

ELEMENTOS BARRA:

TRUSS2D vs TRUSS3D.- Elementos barra pueden ser usados para estructuras en una dimensión como también pueden ser usadas para barras planas y espaciales.

Estos elementos son esencialmente elementos barras unidos por pines, que resisten únicamente fuerza axial (tensión o compresión) y puede deformarse únicamente en dirección axial, no son capaces de soportar cargas transversales o momentos de flexión.

ELEMENTOS BARRA EN DOS DIMENSIONES.

Elementos TRUSS2D pueden ser usados en análisis de barras plana, cada uno de los nodos de la barra puede tener componentes de desplazamientos en los ejes X y Y.

A) Rasgos del elemento: es un elemento de dos nodos

uniaxial usado en modelos estructurales y térmicos en dos dimensiones. Únicamente dos grados traslacionales por nodos son considerados.

B) Notas: el grupo de nodos de entrada especifica la dirección del eje del elemento. El sistema de coordenadas del elemento es definido como: el eje X va desde el primer nodo al segundo. El eje Y es perpendicular al eje X i del plano X-Y.

C) Opciones:

OP No 5.- Tipo de material:

0=lin: material lineal elástico.

1=Von: modelo Von Mises elasto-plástico, endurecidos isotrópico.

2=Von_k: modelo Von Mises elasto-plástico, endurecido cinemático.

(por omisión es 0).

OP No 6.- Formulación de desplazamiento:

0=small: formulación de desplazamiento pequeño.

1=UL: formulación UPDATE de Lagrangian.

2=TL. (por omisión es 0).

OP No 7.- Deslizamiento del material:

0=No

i=Yes (incluye efectos de deslizamiento).

OP No 8.- =0, forma la matriz rigidez para cada elemento de este tipo.

=1, copia la matriz rigidez del primer elemento para todos los elementos de esta tipo.

D) Propiedades geométricas (constantes reales):

r1=Area

E) Propiedades del material:

EX: módulo de elasticidad

KX: conductividad térmica

C: calor específico

DENS: densidad.

F) Cargas aprovechables del elemento: térmicas y

gravitacionales.

G) Resultados de sólidos: fuerzas y esfuerzos son

sólidos en el elemento.

Elementos TRUSS3D pueden ser usados en análisis de barras espaciales. Cada uno de los 2 nodos de la barra puede tener componentes de desplazamientos paralelo el

eje X, Y y Z.

ELEMENTOS VIGA:

BEAM ELEMENTS.- Hay dos elementos viga aprovechables en la librería del COSMOSM.

BEAM2D: viga en dos dimensiones para modelos de armaduras planas.

A) Rasgos: Este es un elemento de dos nodos uniaxial usado de estructuras en dos dimensiones y modelos térmicos. El elemento es ubicado en el plano X-Y y tiene tres grados de libertad (dos de traslación y uno de rotación) por nodo.

B) Notas: El grupo de nodos especifica la dirección de los ejes del elemento. El sistema de ejes de coordenadas es descrito como sigue: El eje X del elemento es dado desde el primer nodo al segundo. El eje Y es perpendicular al eje X y ubica el plano X-Y. El eje Z es normal al plano X-Y con el que se completa al sistema de coordenadas cartesianas.

C) Opciones:

Op No 5: tipo de material.

0=lin; 1=Von; (por omisión es 0)

Op No 8: =0; forma matriz de rigidez para cada elemento de este tipo.

G) =1; copia la matriz de rigidez del primer elemento para todos los elementos pertenecientes (por omisión es 0).

Propiedades geométricas (real constants):

par1= área

par2= momento de inercia

par3= profundidad

par4= código end-release (nodo-I)

par5= código end-release (nodo-J)

par6= factor cortante en el eje y del elemento

par7= diferencia de temperatura en el eje y del elemento.

con

Propiedades del material:

Ex: módulo de elasticidad

NUXY: razón de Poisson

alpha: conductividad térmica,

ALPX: coeficiente de expansión térmica

Asuc: calor específico

DENS: densidad.

1.

Carga aprovechable del elemento:

tra= Térmica

- Gravitacional

- Carga concentrada y distribuida intermedia.

G) Resultados de sólidos.

Fuerza, momento y esfuerzos son sólidos en el sistemas de coordendas del elemento.

El código end-release para cada final es especificado por un número de seis dígitos con combinaciones de cero y uno. Si el cero es colocado en una posición particular, la fuerza correspondiente NO es conocida y será calculada por el programa, peor si 1 es colocado en estas posiciones la fuerza o momento correspondiente a la dirección es conocida o cero debido a que es una bisagra o rodillo y el programa remueve el esfuerzo. El código de seis dígitos corresponde a los seis grados de libertad de cada extremo final del elemento viga.

BEAM3D: vigas en tres dimensiones para modelos de armaduras, espaciales.

Asunciones para los elementos viga:

1.- El elemento viga es recto, prismático y simétrico alrededor de ambos ejes principales de la sección transversal.

2.- Resiste fuerza axial y momentos de flexión alrededor de los ejes principales de la sección (y-z) y momento torsional alrededor del eje centroidal X.

3.- La deformación cortante es incluida en el cálculo del término de rigidez de deflexión.

4.- La distribución de temperatura a través de la sección transversal de la viga es asumida que permanece constante a lo largo de la viga.

ELEMENTOS PLANOS EN DOS DIMENSIONES.

2D PLANE STRESS, PLANE STRAIN AND BODY OF REVOLUTION.

A) RASGOS: Este es un elemento de cuatro nodos que puede ser usado en estructuras de dos dimensiones a fluido incompresible (plano X-Y) representan PLANE STRESS, PLANE STRAIN o elementos AXISIMETRICOS. Unicamente dos grados de libertad de traslación son considerados, la tercera traslación y los tres grados rotacionales deben ser restringidos. No hay condiciones de momento en los nodos como en un miembro junta-pin. Al elemento es asignado propiedades del material ortotrópicas si no se dan las siguientes condiciones:



- 1) Módulos de elasticidad en dos direcciones **deben ser** definidos y ser desiguales.
- 2) Razón de Poisson en dos direcciones **son definidos** y deben ser desiguales.
- 3) Coeficiente de expansión térmica **en las dos** direcciones **son** definidas y desiguales.
- 4) Conductividad térmica en **dos** direcciones son definidas y son desiguales,

B) Notas:

El sistema de coordenadas del elemento **es** definido como: El eje X del elemento va **desde** el primer nodo al segundo, y el eje Y **es** normal al eje X hacia el cuarto nodo. El ángulo de material **definido por la constante** real numero 2 **es** medida con respecto al **sistema** de coordenadas del elemento. Un elemento triangular es asumido si el tercer nodo y el cuarto nodo **es** el mismo. Estructuras axisimétricas serían modeladas en el cuadrante +XY, X comienza en la dirección radial.

C) Opciones:

- OP No 1: =0 elemento sólido
- =1 elemento de cuatro nodos para fluido incompresible (por omisión es 0).

- OP No 2: =0 integración reducida
 =1 elemento QM6 incompatible (por omisión es 1).
 =2 integración completa.
- OP No 3: =0 Plane stress (por omisión es 0).
 =1 Axisimétrico.
 =2 PLane strain.
 =3 Axi al.
- OP No 4: dirección del esfuerzo
 0= Global
 1= Local (por omisión 0),
- OP No 5: Material
 0=lin; 1=von; 2=von_k; 3= M_R (Mooney-Rivlin hiperestático); 4=NL (material no lineal elástico) (por omisión, 0),
- OP No 6: Formulación de desplazamientos:
 0= formulación de **desplazamientos pequeños**.
 1= formulación de Lagrangien.
 2= formulación total de Lagrangien.
- OP No 7: Deslizamiento del material
 0=no (por omisión es 0).
 1=yes
- OP No 8: =0 forma la matriz de rigidez para cada elemento de **este** tipo.
 =1 copia la matriz de rigidez del primer elemento para todos los elementos pertenecientes a este tipo.

I) Propiedades geométricas (real constante):

r_1 = espesor (solo para plane stress)

r_2 = beta (ángulo del material).

C=

I) Propiedades del material.

- Para opción sólido tenemos:

EX y EY módulos de elasticidad en la primera y segunda dirección del material correspondientemente.

Kx Y Ky conductividad térmica en la primera y segunda dirección del material.

NUXY: razón de Poisson relativa a la primera y segunda dirección relativa del material.

NUYZ: razón de Poisson relativa a la segunda y tercera dirección del material.

NUXZ: razón de Poisson relativa a la primera y tercera dirección del material.

c: calor específico.

ALPX: coeficiente de expansión térmica en la primera dirección del material.

ALPY: coeficiente de expansión térmica en la segunda dirección del material.

- Para opción fluido:

EX: módulo de elasticidad del fluido.

GXY=EXX 10E-9

F) Cargas aprovechables al elemento:

- Térmica

- Gravitacional
- Presión

6) Salida de resultados:

Componentes de esfuerzos en la dirección global como el esfuerzo de Von Mises son sacados para todos los nodos y en el centro del elemento. Esfuerzos principales podrían opcionalmente ser solicitados en el centro del elemento.

6.3.1 ESFUERZO PLANO:

Las condiciones de **ESFUERZO PLANO** pueden ser asumidas para un cuerpo con una de sus dimensiones más pequeñas que las otras dos, cuando los esfuerzos actuando a lo largo del eje alineado con la dimensión menor puede ser asumida cero.

Ejemplo: El análisis de una placa delgada cargado en el plano de la placa puede ser asumida como un problema **PLANE STRESS**.

La componente de la deformación en la dirección perpendicular en el plano de la placa aspira a ser diferente de cero (que cuando una razón de Poisson diferente de cero es especificada).

6.3.2 DEFORMACION PLANA:

Las condiciones DE DEFORMACION PLANA pueden ser asumidas para un cuerpo grande, cuya geometría y carga no varía significativamente en la dirección longitudinal. Estas asunciones, en el análisis de DEFORMACION PLANA, son que el desplazamiento longitudinal y deformaciones son asumidas cero.

Ejemplo: El análisis de una represa, cilindros de paredes gruesas (con deformación axial restringida) o un tanque grande definido pueden ser resueltos con la opción PLANE STRAIN.

La variables dependientes tales como deformación y desplazamiento SON asumidas a ser planares. Esta asunción es válida cuando nosotros consideramos una sección del cuerpo lejos de los extremos.

3.3 ELEMENTOS SOLIDOS AXISIMETRICOS (BODY OF REVOLUTION).

Esta opción puede ser usada para modelar sólidos axisimétricos (o cuerpos de revolución) o fluido incompresible. Esta opción considera ambos, en plano y fuera del plano, deformaciones cortantes donde como la opción PLANE STRAIN considera la

deformación curvante en el plano solamente,

Ejemplo: El análisis de una tubería sujeta a una carga axisimétrica (tal como presión hidrostática) puede ser ejecutado con esta opción. La distribución de los esfuerzos a través del espesor del cuerpo se obtendrá mejor con esta opción.

ELEMENTO CASCARÓN (SHELL).

Dentro de este tipo de elementos encontramos las siguientes variables de selección:

Delgada vs. gruesa (THIN ■ THICK).

Cascarón3 vs. Cascarón3T (SHELL3 vs SHELL3T .

Cascarón4 vs. Cascarón4T (SHELL4 vs SHELL4T .

para orden alto de elemento cascarón (SHELL):

Cascarón9 y cascarón9L (SHELL9 y SHELL9L).

Elementos "cascarón delgado" (THIN SHELL) son basados en la teoría discreta de Kirchoff (D.K.T.). Los resultados siempre convergen a la teoría de placa delgada.

Elementos "cascarón grueso" (THICK SHELL) son basados

en la teoría de Mindlin. Esta teoría se ejecuta bien para corazas que son moderadamente gruesas. El modelo incluye el efecto de deformación cortante e inercia de rotación. Esto es basado en las siguientes asunciones:

1.- La deflexión de la superficie media de la placa es pequeña en comparación con el espesor de la placa.

2.- Esfuerzos normales transversales son despreciadas.

3.- La normal a la superficie media de la placa en la configuración permanece recta pero no necesariamente normal a la superficie media antes de la deformación.

Los siguientes parámetros pueden ser usados como una guía para elegir entre shell thick o thin (cascarones gruesos o delgados):

1.- $(L/t)=a$: donde L es la longitud global de la placa y t espesor de la placa.

2.- $(\sqrt{A}/t)=b$: donde A: área del elemento, si $A > 0$ o si $b > 3$, entonces use elemento cascarón delgado.

6.4.1 Elemento cascarón delgado (SHELL3).

El efecto de deformación cortante es abandonado

por este modelo haciéndolo **particularmente** aprovechable para modelar estructuras de coraza delgada. El elemento es **asumido** que tiene propiedades isotrópicas con **espesor constante**. Para materiales ortotrópicos el **usuario** deberá utilizar elementos SHELL3L.

6.4.2 Elemento triangular cascarón **grueso** (SHELL3T).

A) Rasgos: Este es un elemento cascarón delgado de tres nodos triangular con **capacidad** de membrana y **flexión** para el **análisis** de estructuras en **tres** dimensiones y modelos térmicos. Seis grados de libertad (tres traslaciones y **tres** rotaciones) por nodo **son** consideradas. En problemas que involucren **placas** gruesas o **corazas**, el **elemento shell3** es **alternativamente** recomendado. **Ambos** elementos (shell3 & shell3T) tienen idénticas entradas, de esta **forma** permitiendo al usuario una u otra **simplemente** alterando el nombre del elemento. El elemento es **asumido** isotrópico con **espesor** constante. Para materiales ortotrópicos, el **usuario** debe utilizar shell3L.

B) Notas: La numeración de nodos puede **ser** a favor o en contra de las manecillas del **reloj**.

El sistema de coordenadas del elemento es definida como: el eje X va desde el primer nodo al segundo nodo. El eje Y situado en el plano definido por los tres nodos es perpendicular al eje X y va hacia el tercer nodo, El eje Z completa un sistema cartesiano conveniente con los ejes X y Y.

C) Opciones:

Op No 1: no aprovechable.

Op No 2: tipo de análisis

0= coraza regular (valor por omisión)

1= análisis de membrana

2= Shear yanel analysis

Op No 3: para salida de esfuerzos.

0= imprime fuerzas y esfuerzos en el centro del elemento (valor por omisión).

1= fuerza nodal positiva

2= esfuerzos nodales positivos.

Las restantes opciones son similares a las de los elementos anteriores con excepción del opción 7 que no es usada.

D) Propiedades geométricas: r1=espesor.

E) Propiedades del material:

Ex: módulo de elasticidad

kx: conductividad térmica

NUXY: razón de Poisson

c: calor específico

ALPX: coeficiente de expansión térmica

DENS: densidad

GXY: módulo cortante

F) Cargas aprovechables:

- Térmicas
- Gravitacionales
- Presión (aplicada a la cara del elemento)

G) Salida de resultados: componentes de esfuerzos son sacados en tres direcciones del elemento en el centroide del elemento, en la fibras superior e inferior. El esfuerzo de Von Mises es también suministrados para la misma localización. Los esfuerzos principales pueden también ser requeridos en el centroide.

6.4.3 Cascarón grueso cuadrilátero (elemento **SHELL4T**).

Este es un elemento cuadrilátero thick shell con capacidad de membrana y flexión para el análisis de estructuras y modelos térmicos. Seis grados de libertad por nodo son considerados. El elemento considera los efectos de deformación

cortante que lo hacen particularmente aprovechable al elemento para modelación de estructuras sólidas de coraza gruesa.

Opciones :

OP No 1.- tipo de elemento SHELL:

0= Quad 2 (por-omisión).

1= Quad 4.

2= Elemento Quad (directo).

OP No 2 hasta la 8; a excepción de la OP No 7, que no es usada, son similares a las opciones del elemento SHELL3T.

Elemento masa (element_name = MASS).

A) Rasgos:

Este elemento consiste en una masa concentrada en un nodo. Este elemento es usado para ingresar una masa puntual a un nodo en un modelo estructural.

B) Notas:

La ubicación de cada masa concentrada es especificada por un nodo. Entonces, cada elemento masa es ingresado como un nodo con los seis grados de libertad definidos en el sistema de coordenadas global.

C) Opciones: Ninguna.

D) Propiedades geométricas (constantes reales):

r_1 = masa en la dirección X.

r_2 = masa en la dirección Y.

r_3 = masa en la dirección Z.

r_4 = inercia de rotación alrededor del eje X.

r_5 = inercia de rotación alrededor del eje Y.

r_6 = inercia de rotación alrededor del eje Z.

Tubo elástico recto (element_name = PIPE).

A) RASGOS:

Este es un elemento uniaxial de 2-nodos usados en modelos estructurales tri-dimensionales y térmicos.

Seis grados de libertad (tres de rotación y tres de traslación) por nodo son considerados. El elemento

puede ser utilizado como un caso especial de elemento

viga elástico 3-D para el cual los requerimientos de

ingreso son reducidos debido a la geometría tubular de

la sección transversal.

B) Notas:

El nodo especificado en el modelo ingresa la dirección

del eje del elemento. El sistema de coordenadas del

elemento es descrito como sigue:

El eje X del elemento va desde el primer nodo al

segundo. Los ejes Y y Z del elemento se ubican en un plano perpendicular al eje X.

C) Opciones:

Op. No. 6: =0; forma matriz de rigidez para cada elemento de este tipo.

=1; copia la matriz de rigidez del primer elemento para todos los siguientes elementos de este tipo.

D) Propiedades geométricas (Constantes reales):

r1 = diámetro exterior

r2 = espesor de pared

r3 = presión interna.

E) Propiedades de material:

EX = módulo de elasticidad

KX = conductividad térmica

ALPX = coeficiente de expansión térmica

C = calor específico

NUXY = razón de Poisson

DENS = densidad

F) Cargas aprovechables:

- Térmicas y

- Gravitacionales.

G) Salida de resultados:

Fuerzas y esfuerzos son sacados en el sistema de coordenadas del elemento.

Tubo curvado elástico (element_name = ELBOW)**a) Rasgos:**

Este es un elemento tubular circular uniaxial de 3-nodos usada en modelos estructurales tri-dimensionales y térmicos. El tercer nodo "K" es necesitado para establecer el centro de curvatura del elemento. Seis grados de libertad por nodo son considerados para los dos nodos de los extremos. El factor de flexibilidad de la ASME es aplicado en la formulación de la rigidez del elemento.

B) Notas:

El sistema de coordenada del elemento para cada nodo es definido:

Sistema de coordenada del elemento:

El eje Y del elemento, es normal al eje longitudinal del elemento. El eje X es perpendicular al eje Y y se ubica en el plano formado por los tres nodos, el eje Z del elemento completa un sistema cartesiano derecho con los ejes X i Y.

C) Opciones:

Op. No. 6: =0; forma la matriz rigidez para cada elemento de este tipo.

=1; copia la matriz rigidez del primer elemento para todos los siguientes elementos de este tipo.

D) Propiedades geométricas (constantes reales):

r1 = diámetro exterior

r2 = espesor de pared

r3 = presión interna

r4 = radio de curvatura.

E) Propiedades del material:

Las mismas que se especificaron para el elemento PIPE.

F) Cargas aprovechables:

- Térmicas y

- Gravitacionales.

G) Salida de resultados:

Fuerzas, momentos y esfuerzos son sacados en el sistema de coordenadas del elemento a cada nodo definiendo el elemento.

Elemento barra térmico (element_name = TBAR2D):

A) Rasgos:

Este es un elemento de 2-nodos, un grado de libertad por nodo del elemento es usado en modelos térmicos bi-dimensionales. El elemento define la **conducción** de flujo de calor entre dos nodos.

B) Notas:

Los nodos especificados en el modelo ingresan la dirección de los ejes del elemento. El sistema de coordenadas del elemento esta definido **como:**

El eje X del elemento va desde el primer nodo al segundo, el eje Y es perpendicular y forman el plano X-Y. La conductividad térmica está en la dirección del eje x del elemento, de tal forma que el calor fluye sólo es esta dirección.

C) Opciones:

D) Propiedades geométricas (constantes reales):

r1 = área (al primer nodo)

r2 = área (al segundo nodo si es diferente).

E) Propiedades del material:

KX = conductividad térmica,

DENS = densidad.

C = calor específico.



F) Cargas aprovechables:

- Sólo térmica.

G) Salida de resultados:

Flujo de calor por conducción es sacado para este elemento.

6.9 Elementos eslabón de convección (element_name = CLINK):

A) Rasgos:

Este es un elemento de dos nodos, un grado de libertad por nodo es usado en modelos térmicos en 2 ó 3 dimensiones. El elemento define el flujo de calor debido a convección entre dos nodos.

B) Notas:

Los nodos ingresados en el modelo para este elemento, pueden o no pueden ser coincidentes. Condiciones de frontera de temperatura deben ser especificadas al nodo el cual no está conectado directamente al modelo. Esta condición de frontera de temperatura representa la fuente de temperatura de convección.

C) Opciones: ninguna.

D) Propiedades geométricas (constante real):

r_1 = área de la superficie de convección.

E) Propiedad del material:

HC = coeficiente de película.

F) Carga aprovechable:

Sólo térmica.

G) Salida de resultados:

Flujo de calor debido a convección es obtenido para este elemento.

CAPITULO VII

CONDICIONES DE FRONTERA (FDCONDS).

CONDICIONES DE DESPLAZAMIENTOS (DISPLIMITS).

DND.- Este comando especifica condiciones de frontera de desplazamiento cero o diferente de cero para los nodos de un modelo en el sistema de coordenadas activo.

Sintaxis del comando:

bnd.- primer nodo especificado en el modelo.

label.- etiqueta que indica la dirección de la condición de frontera de desplazamiento. Las etiquetas válidas son: UX, UY, UZ, RX, RY, RZ, ALL. Las etiquetas se refieren al sistema corriente de coordenadas.

displ.- valor de desplazamiento. Use radianes par desplazamiento rotacional.

end.- nodo final del modelo.

nincr.- es el incremento entre los nodos en el modelo.

label2...6.- etiquetas adicionales a ser aplicadas a los nodos con el valor de desplazamientos especificado.

- DCR, DSF, DVL, DCT Y DRG,- Funcionan de igual manera que el anterior aplicando la condición de frontera de desplazamiento cero o no-cero a los nodos asociados con la curva, superficie, volumen, contorno o región especificado en el sistema de coordenadas activo. La sintaxis es similar a la del comando anterior.

- DNDEL, DCDEL, DSDEL, DYDEL, DCTDEL, DRDEL.- Estos comandos suprimen las condiciones de frontera de desplazamiento previamente definidos sobre todos los nodos en el modelo especificado. Sintaxis similar en todos ellos, por ejemplo:

DNDEL, bnd, label, end, nincr, label2...6.

bnd.- primer nodo especificado en el modelo.

label.- etiqueta que indica la condición de frontera de desplazamiento a ser suprimida. Las etiquetas válidas son: UX, UY, UZ, RX, RY, RZ, ALL.

end.- último nodo especificado en el modelo.

nincr.- incremento entre nodos en el modelo (por omisión es 1).

label2...6.- etiquetas adicionales de las condiciones de frontera de desplazamientos las cuales van a ser suprimidas en el modelo,

- DPLOT.- Traza las condiciones de frontera de desplazamiento nodales especificadas.

- DLIST.- Lista los valores de desplazamiento nodal definido corrientemente para la condición de frontera.

7.2 CONDICIONES DE FUERZA, VELOCIDAD Y TEMPERATURA.

FORCE, VELOCITY Y TEMPERATURE.

Los comandos disponibles en estos tipos de condiciones de frontera son similares a las de desplazamiento, aplicando fuerzas en los nodos que se especifican.

7.3 CONDICIONES DE PRESION.

PRESSURE:

- **PEL.**- Especifica presión para los elementos de un modelo. Valores de presión positiva corresponden a presión interna aplicada a una cara.

Sintaxis del comando:

fe_num.- primer elemento especificado en el modelo.

prval.- magnitud de la presión aplicada.

fanum.- número de caras por los elementos en el modelo.

elemun.- último elemento especificado en el modelo (por omisión es **fenum**).

eincr.- incremento entre los elementos del modelo.

Ejemplo: **PEL, 1,1,4,3,,**

Define una unidad de presión sobre las cuatro caras de los elementos 1, 2 y 3 en la dirección interna.

- **PCR.**- Especifica presión sobre los elementos asociados con una curva del modelo. La presión es aplicada normal a cada elemento en el plano principal correspondiente.

Sintaxis del comando:

bcr.- primera curva especificada en el modelo.

prval1.- magnitud de presión aplicada por unidad de longitud al comienzo de la curva.

ecr.- última curva especificada del modelo (por omisión es bcr).

crincr.- incremento entre las curvas del modelo (por omisión es 1).

prval2.- magnitud de presión aplicada por unidad de longitud al final de la curva (por omisión es prval1).

Nota: Puntos de presión positiva descendente es cuando el nodo 1 del elemento está a la izquierda y el nodo 2 a la derecha.

Ejemplo: PCR, 1,-1,3,,5

Define una presión variando linealmente para las curva 1 hasta la 3. La presión es -1.0 al comienzo y 5.0 al final de cada curva, las presiones de los elementos son calculadas de conformidad.

- PSF.- Especifica presión para elementos asociados

con una superficie del modelo. La presión es aplicada normal a los elementos tal que una presión interior es positiva.

Sintaxis del comando:

bsf.- primera superficie especificada del modelo.

prval1.- magnitud de presión aplicada por unidad de área al origen de las coordenadas paramétricas de la superficie.

esf.- última superficie especificada del modelo (por omisión es bsf).

sfincr.- incremento entre las superficies del modelo.

prval2.- magnitud de presión aplicada por unidad de área al extremo de la primera curva paramétrica por omisión es prval1).

Prval3.- magnitud de presión aplicada por unidad de área al extremo de la segunda curva paramétrica (por omisión es prval1).

Nota: La presión sobre los elementos son linealmente

interpoladas.

- PRG.- Especifica presiones sobre elementos asociados con regiones. Valores de presión positiva corresponden a presión interna.

Sintaxis del comando:

brg.- primera región especificada del modelo.

prval.- valor de presión.

erg.- última región especificada del modelo (por omisión es brg).

rgincr.- incremento entre las regiones del modelo.

- PBEL.- Especifica elementos viga cargados. El comando puede ser usado para especificar fuerzas concentradas así como cargas distribuidas variando linealmente sobre elementos viga 2D y vigas 3D. La carga puede ser en cualquier parte a lo largo del elemento y puede ser especificada en coordenadas globales o locales del elemento.

Sintaxis del comando:

bel.- primer elemento especificado del modelo.

label.- etiqueta de carga:

EQ.FX; fuerza en la dirección X.

EQ.FY; fuerza en la dirección Y.

EQ.FZ; fuerza en la dirección Z.

EQ.MX; momento alrededor del eje X.

EQ.MY; momento alrededor del eje Y,

EQ.MZ; momento alrededor del eje Z.

mag1.- magnitud de la carga a la ubicación 1.

loc1.- ubicación 1, especificada en coordenadas paramétricas del elemento (por omisión es 0.3 del mismo al centro).

peel.- último elemento especificado en el modelo (por omisión es bel),

inc.- incremento entre elementos en el modelo.

(Por omisión es 1).

mag2.- magnitud de la carga a la ubicación 2.

loc2.- ubicación 2, especificada en coordenadas paramétricas del elemento (por omisión es loc1).

Notas:

1) Las coordenadas locales para elementos BEAM3D son definidas como sigue:

El eje X corre desde el nodo 1 al nodo 2 del elemento.

El eje Y está acostado en el plano definido por los tres nodos y corre desde el nodo 1 hasta el 3 normal a la dirección X. El eje Z está definido por la regla  de la mano derecha.

2) Elementos BEAM2D con siempre hechos en el plano global X-Y, las coordenadas locales del elemento son definidas como sigue:

El eje X corre desde el nodo 1 al nodo 2 del elemento.

El eje Y es en el plano X-Y tal que un sistema de mano derecha es observado con el eje Z del sistema de coordenadas globales.

3) Si el usuario desea especificar cargas en coordenadas cartesianas globales este sistema debería ser primero activado usando el comando: ACTSET,ECS,0,. Otra forma sería utilizando coordenadas locales del elemento que pueden ser activadas por edición del siguiente comando: ACTSET,ECS,-1

4) Fuerzas concentradas son especificadas por igualación de loc2 a loc1.

5) El programa interpreta las unidades de acuerdo a que sea loc1 y loc2 iguales o no. Si loc1 es igual a loc2, el programa interpreta los valores dados así como unidades de fuerza o momento por unidad de longitud, Si loc1 es igual a loc2. Si loc1 no es igual a loc2, el programa interpreta los valores como fuerzas o momentos.

Ejemplal: ACTSET,ECS,0.

PBEL,1,FY,100.0,0.2,5,2,200,0.8.

El sistema de coordendas globales es activado y una presión es aplicada en la dirección Y (del sistema global) a los elementos 1, 3 y 5.

La presión varía linealmente desde 100 unidades, a la ubicación especificada por 20% de la longitud del elemento (comienza desde el nodo 1 hasta el nodo 2 del elemento), a 200 unidades al 80% de la ubicación medida en la misma forma que el anterior.

Ejemplo2: ACTSET,ECS,-1.

PBEL,1,MZ,50.0,0.5,1,1,50.0,0.5,.

El sistema de coordenadas local del elemento es

activado y un momento concentrado al rededor del eje Z (del sistema de coordenada local) es aplicado al punto media del elemento viga.

- PEDEL, PCDEL, PRDEL, PBEDEL.- Estos comandos suprimen presiones definidas previamente por los comandos correspondientes sobre la entidad especificada en el modelo.

- PLOT, PLIST, PBELIST.- Muestra las presiones especificadas para los elementos en el modelo y listan los mismos que han sido especificados por los comandos mencionados anteriormente.

CONDICIONES DE FLUJO DE CALOR.

HEAT_FLOW :

- HFND, HFCR, HFSF, HFVL, HFCT, HFRG.- Estos comandos especifican el valor del flujo de calor a todos los nodos que se especifiquen o a todos los nodos asociados con curvas, superficie, volúmenes, contornas o regiones especificadas en el modelo para análisis térmico.

Sintaxis del comando:

Por ejemplo: HFRG

brg.- primera región especificada en el modelo.

hfvalue.- magnitud del valor de flujo de calor.

erg.- Última región especificada en el modelo.

rginc.- incremento entre regiones en el modelo.

La sintaxis de los otros comandos es similar a ésta.

- HFNDEL, HFCDEL, HFSDEL, HFVDEL, HFCTDEL, HFRDEL.- Se utilizan para suprimir los valores de flujo de calor ya definidas previamente por los comandos mencionados anteriormente.

- HF PLOT.- Este comando muestra en pantalla las condiciones de frontera de flujo de calor definidas para el análisis térmico.

- HF LIST.- Este comando lista los valores de flujo de calor dados como condiciones de frontera para el modelo.

5 CONDICIONES DE GENERACION DE CALOR EN NODOS Y

ELEMENTOS.

NODAL_HEAT y **ELEMENT_HEAT**.- Los comandos que se utilizan en este tipo de condición de frontera definen una generación de calor en los nodos que se especifiquen en el modelo o los asociados con curvas, superficies, volúmenes, contornos o regiones del modelo. Así mismo presenta los comandos que se necesitan para suprimir, mostrar en la pantalla o listar las condiciones de este tipo previamente definidas.

7.6 CONDICIONES DE CONVECCION.

CONVECTION:

- **CEL**.- Este comando especifica coeficientes de película de convección sobre cara de los elementos en el modelo especificado para el análisis térmico.

Sintaxis del comando:

bel.- primer elemento especificado del modelo.

convect_coeff.- magnitud del coeficiente de convección.

bulk_temp.- temperatura del volumen del fluido adyacente a la cara del elemento.

face_num.- cara de los elementos sobre la cual es aplicado el coeficiente.

eel.- último elemento especificado del modelo.

eincr.- incremento entre los elementos del modelo.

- CECR.- Este comando especifica coeficientes de convección a elementos de curvas que constituyen los filos de una superficie.

Note que la superficie tiene que ser mllada de antemano.

Sintaxis del comando:

bcr.- primera curva especificada del modelo.

convect_coeff.- magnitud del coeficiente de convección.

bulk_temp.- temperatura de volumen del fluido.

ecr.- última curva especificada del modelo.

incr.- incremento entre las curvas del modelo.

Ejemplo: CECR,1,100,30,3,1.

Este comando aplica un coeficiente de convección de 100 con temperatura de volumen de 30 sobre las curvas 1, 2 y 3.

- CESF.- Especifica coeficientes de convección sobre superficies. Note que la superficie debe de ser mallada antes de que el coeficiente de convección sea aplicado. La cara, sobre la cual es coeficiente de convección es aplicado, es decidido tal que la normal a ésta forme un sistema de coordenadas de mano derecha con la superficie.

La sintaxis del comando es similar al anterior.

- CERG.- Especifica un coeficiente de convección y una temperatura de volumen a todos los elementos asociados con una de las regiones especificadas en el modelo.

La sintaxis del comando es similar a los anteriores.

- Además de estos comandos, para este tipo de condición, se presentan los comandos para suprimir, mostrar en pantalla y listar los valores de lar

condiciones de frontera definidos previamente en forma similar a los comandos anteriores.

.7 CONDICIONES DE FUERZAS DE REACCION.

REACTION :

- RFND.- Este comando especifica nodos del modelo para los cuales los valores de fuerzas de reacción van a ser calculadas. Un máximo de 100 fuerzas de reacción pueden ser calculadas.

Sintaxis del comando:

bnd.- primer nodo especificado del modelo,

flabel.- componente de fuerza de reacción deseada. Las etiquetas válidas son: UX, UY, UZ, RX, RY, RZ y ALL.

end.- último nodo especificado del modelo.

ndinc.- incremento entre los nodos del modelo.

alabel(i).- etiquetas adicionales. Hasta cinco etiquetas pueden ser agregadas.

Ejemplo: RFND, 10,UX,19,3,UY,RZ.

Este comando pide o busca el cálculo de, fuerzas de reacción para los nodos 10,13,16 y 19 en las direcciones cartesianas globales UX, UY y RZ (momento).

- RFCR, RFSF, RFVL, RFCT, RFRG.- Se utilizan para que se calculen fuerzas de reacción para todos los nodos asociados con la curvas, superficies, volúmenes, contornos o regiones que se especifiquen en el modwlo. La sintaxis es muy similar a la del comando RFND.

- Además se presenten los comandos necesarios para suprimir, mostrar en pantalla y listar lo definido previamente por los comandos anteriores.

7.8 CONDICIONES GRAVITACIONALES.

GRAV1TY :

- ACE.- Este comando define la aceleración de la estructura en términos de sus coordenadas cartesianas globales. Para efectos de gravedad este comando podría ser usado para especificar la aceleración gravitacional en la dirección apropiada.

Sintaxis del comando:

accelX,Y,Z.- componente en X, Y y Z de la **aceleración** de la **estructura** en las **coordenadas cartesianas globales** (por omisión es 0.0).

Ejemplo: **ACCEL,0.0,, -386,4**

Este comando especifica una **aceleración gravitacional** de 386.4 en la **dirección global de z negativo**.

- **OMEGA.**- Define la **velocidad angular** de la **estructura** en términos de **sus componentes cartesianas globales**. **Las unidades están en radianes por tiempo**.

Sintaxis del comando:

omegaX, Y, Z.- componente en X, Y y Z respectivamente de la **velocidad angular** de la **estructura en la coordenadas globales cartesianas** (por omisión es 0.0).

Ejemplo: **OMEGA, -5.0,,, ,**

Este comando especifica una **velocidad angular gravitacional** de -5.0 radianes por unidad de tiempo alrededor de la **dirección global de x negativo**.

- **DOMEGA.-** Define la aceleración angular de la estructura en términos de sus componentes cartesianas globales. Las unidades son en radianes/tiempo/tiempo.

Sintaxis del comando:

omega_X,Y,Z.- componentes en X, Y y Z, respectivamente, de la aceleración angular de la estructura en las coordenadas globales (por omisión es 0.0).

CAPITULO VIII

COMANDOS PARA ANALISIS Y OBTENCION DE RESULTADOS.

8.1 Comandos utilitarios.

File.- Lee internamente y procesa todos los comandos en el archivo especificado de ingreso y luego retorna al GEOSTAR.

Sintaxis del comando:

fname.- nombre del archivo con extensión, en el cual los comandos serán procesados y son listados. El nombre del archivo no debería tener alguna de las extensiones de los archivos de la base de datos del problema.

ses.- una bandera para habilitar o deshabilitar la escritura de comandos dentro de la sesión de archivo (file).

EO.1: escribe dentro de la sesión de archivo

EQ.0: no escribe dentro de la sesión de archivo.

display.- una bandera para activar o desactivar la muestra del trazado **sobre** la pantalla,

EQ.1 muestra el trazado.

EQ.0 **no** muestra el trazado.

echo.- una bandera para habilitar o deshabilitar la repercusión de lectura de comandos desde el comando de ingreso de archivo **sobre** el área de diálogo.

EQ.0: no repercute **sobre** la pantalla

EQ.1: repercute sobre pantalla (por omisión **es 0**).

message: una bandera para activar o desactivar los mensajes escritos desde GEOSTAR en respuesta a los comandos dados,

EQ.0: no escribe mensajes.

EQ.1: escribe mensajes.

Notas:

1) **Cualquier** número de comandos **files** pueden ser sometidos a generar la completa entrada al problema.

2) El nombre del archivo puede incluir también la letra conductora y el nombre de la vía. La extensión GEO e5 recomendada.

3) Desactivando **banderas** aceleraría la creación del modelo.

STATUS.- Muestra una tabla en la cual información corriente sobre el estado de *muchas* banderas, controlando el trazado de entidades **geométricas** (primitivas), sus colores, etiquetas, colores de etiqueta, etc. son mostrados. Esta tabla permite al usuario palanquear las banderas entre posiciones ON/OFF y seleccionar el color deseado para el trazado de varias entidades. La operación es realizado colocando el cursor sobre la posición particular de la bandera ON/OFF o color de bandera y entonces presionando la otra tecla del mouse para **cambiar de OFF a ON** o cambiar el color, Para abortar el comando, la gráfica AEORT o alternativamente la tecla **ESCAPE** pueden ser usados.

Las entidades consideradas en la tabla de **STATUS1** son:

- pt: puntos
- cr: curvas
- sf: superficies
- vl: volúmenes
- ct: contornos
- rg: regiones
- nd: nodos
- el: elementos.

La información controlada por el comando **STATUS1**, para cada una de las entidades de arriba es listada a continuación:

PLOT: bandera de trazado ON/OFF

PCLR: color del trazado de 1 a 16 colores.

LABL: trazado de etiquetas ON/OFF.

LCLR: color de etiqueta de 1 a 16 colores.

MAXM: número máximo definido.

PSEL; bandera para activar o desactivar el set de selección.

KEEP: bandera para conservar bajo el nivel de entidades, cuando se eleva el nivel de entidades con suprimidas ON/OFF.

MARK: bandera para plotear marcas sobre entidades como curvas, superficies, volúmenes, contornos o regiones. para especificar dirección y orientación ON/OFF.

DMSH: bandera para activar o desactivar la opción base de generación de malla.

Note que cuando la bandera PLOT está sobre una entidad particular, es dibujada en el color especificada por la tabla de estado (STATUS) sin embargo cuando éste es apagado el color es controlado por el color de frente en el gráfico "FC".

Status2.- muestra información sobre el estado de muchas banderas que controlan el ploteo de condiciones

de frontera, fuerzas, temperaturas nodales, etc.

CMDLIST.- Lista sobre la pantalla todos los comandos ejecutables editados hasta este punto. Los comandos ejecutables son ubicados en la sesión FILE por base como ellos son editados durante la sesión.

NEWPROB.- Permite al usuario comenzar un nuevo problema a sobreconectar a uno existente saliendo de GEOSTAR, Si una base de datos es abierta como nueva, la vieja sesión (FILE) archivo es grabada en un archivo llamado ufn.BCK como una medida de seguridad.

Sintaxis del comando:

pn,- el nombre de un problema nuevo o existente.

cflag.- bandera para abrir un problema existente como un problema nuevo o viejo. (La bandera es usada solo si un problema existente es seleccionado).

EQ.N; una base de datos nueva con el nombre viejo es creado.

EQ.Y; el problema existente es abierto como un problema viejo.

Nota: este comando permite al usuario conectarse atrás y adelante entre problemas diferentes.

Ejemplo: NEWPROB, placa,n .

Este comando conectaría el programa del problema al problema "placa". Si la barra de datos de "placa" no existe, el programa creará una nueva base de datos. Si una base de datos existe con este nombre, el usuario estará dando la selección para abrir este comando como un problema nuevo o viejo. En este caso el problema existente es abierto como nuevo. La correspondiente sesión FILE es grabada en un archivo llamado Placa.BCK.

GFORM_OUT. - Escribe todas las entidades geométricas de un modelo especificado en la forma neutral. El comando escribe a un archivo llamado "problema_nombre.gfm". Este crea un nuevo archivo o apéndice a uno existente. Este crea un nuevo archivo solo si no hay archivo con este nombre en el directorio. Este comando usa comandos CRGFORM, SFGFORM, VLGFORM para la representación compacta de entidades correspondientes.

Sintaxis del comando:

entity. - entidad a ser escrita en la forma neutral.

Las entidades admisibles son: pt, cr, sf, vl.

olflag. - bandera de etiquetas viejas.

EQ.0; mantiene las mismas etiquetas.
EQ.1; entidades son dadas con etiquetas base.
ben primer entidad especificada en el modelo.

ent.- última entidad en el modelo.

entinc.- incremento entre entidades en el modelo (por omisión es 1).

Notas:

1) El uso de este comando ayuda significativamente en salvar tiempo de computadora cuando un modelo grande es recreado. Sólo la geometría final es escrita, eliminando la necesidad de recrear entidades geométricas intermedias. Horas de tiempo de computadora podrían ser ahorrados para modelos grandes.

2) El comando debería ser editado para escribir entidades en el siguiente orden: puntos, curvas, superficie y volúmenes. Si este orden no es mantenido errores son producidos debido a inconsistencias de etiquetamiento.

3) Otra información especificando contornos, regiones,

nodos, elementos, propiedades de materiales, etc. pueden ser agregados al modelo recreado por el comando FILE. El modelo está listo para funcionar el análisis requerido después de esto.

4) También una parte del modelo puede ser escrita en la forma geométrica de tal forma que las entidades del modelo pueden ser especificadas.

Ejemplo: `GFORM_OUT, PT,1,1,500,1.`
`GFORM_OUT, CR,1,1,100,1.`
`GFORM_OUT, VL,1,1,10,1.`

Este comando especifica la forma geométrica de puntos, curvas, contornos y volúmenes a un archivo llamado "nombre_problema.gfn" como es especificado en el modelo. El primer comando crea el archivo si éste no existe, los otros comandos agregan al mismo archivo.

`SYMSIZ.` - Define la medida de símbolos para trazados de varias entidades.

Sintaxis del comando:

`set_label.` - etiqueta para el grupo (set). Las etiquetas admisibles son:

DP; símbolo de desplazamiento.

FP; símbolo de fuerza.

PP; símbolo de presión.



Ejemplo: SYMSI7, DP,2.0.

Este comando especifica la medida de la flecha para condiciones de frontera de desplazamiento como dos veces la medida base.

SYSTEM.- Habilita al usuario para editar comandos del sistema operativo fuera de GEOSTAR.

Notas:

1) Cualquier comando del DOS puede ser editado incluyendo un editor, corriendo cualquier otro programa, formateando un disco y ejecutando un grupo de archivos tan grande como suficiente memoria pueda ser necesitada para estas actividades.

2) Sólo un limitado número de archivos pueden ser simultáneamente abiertos fuera de Geostar, desde que el archivo de base de datos no sea cerrado cuando el comando SYSTEM es editada.

3) El usuario puede conectarse con otros drives (discos) o subdirectorios, mientras se esté operando a nivel de SYSTEM, pero si se conectara a directorios



anterior al cual GEOSTAR estuviera corriendo, se deberá retornar primero a GEOSTAR. Si el usuario olvida hacer esto así y retorna a GEOSTAR, pero instantáneamente recuerda que él o ella está en el directorio equivocado, el comando podría ser editado nuevamente para conectar al directorio correcto y entonces retornar al GEOSTAR. Otros comandos terminarían el programa ya que no hay acceso a la base de datos.

! Comandos de activación.

ACTSET.- Habilita al usuario a cambiar el número de grupo (set) corrientemente activo por elemento grupo, grupo de propiedades de material, grupo de constantes reales, grupo de sistemas de coordenadas o casos de cargas.

Sintaxis del comando:

set-type.- Tipo del grupo, los admisibles son:

EG; grupo de elementos.

MP; grupo de propiedades de material.

RC; grupo de reales constantes.

CS; sistemas de coordenadas:

EQ.0: cartesianas global.

EQ.3,4,5; sistemas de coordenadas

locales predefinidas. Note que CS 1 y 2 no son corrientemente usados en GEOSTAR.

ECS; sistema de coordenadas del elemento:

EQ.0: sistema de coordenadas local
 del elemento.

EQ.1: cartesianas global.

LC; casa de carga.

set_number.- numero de grupos a ser activados (por omisión es el set activado).

Ejemplo: ACTSET, MP,2

Este comando hace que el grupo (set) número 2 de propiedades de material sea el grupo corrientemente activo de propiedades de material. El comando STATUS1 muestra el grupo activo en el modelo.

ACTPLT.- Puede ser manejado desde el STATUS1.

ACTMARK.- Habilita al usuario para trazar marca sobre entidades para mostrar sus direcciones o curvas paramétricas. Flechas son usadas para mostrar las direcciones de curvas y contornos y asteriscos son usados para mostrar las coordenadas paramétricas de superficies; Pzra mostrar las curvas paramétricas de volúmenes ambos son usados flechas y asteriscos.

Notas:

1) Para superficies, un asterisco es trazado sobre la primera coordenada paramétrica. El origen del sistema de coordenadas es a la esquina más cerrada al asterisco.

2) Para volúmenes un asterisco es trazado para definir la superficie que contiene la primera y la segunda curva paramétrica. El origen de sistemas de coordenadas es al esquina más cerrada al asterisco y la tercera curva paramétrica es identificada por una flecha.

ACTNUM.- Permite al usuario especificar la escritura de etiquetas (números) de una entidad particular cuando es trazada,

ACTKEEP.- Permite al usuario mantener una entidad especificada cuando entidades de más alto orden son suprimidas. Todas las entidades de más bajo orden son conservadas.

ACTDMESH.- Define parámetros de mallado para base de generación de mallas de las entidades geométricas creadas subsiguientes a este comando.

Sintaxis del comando:

ent_label.- etiqueta de la entidad, las admisibles son: CR, SF y VL.

flag.- bandera para activar o desactivar, puede ser manejado desde el STATUS1.

nnum.- números de nodos por elemento.

enum(i).- numero de elementos en la iésima dirección (por omisión es 4).

spacing(i).- la razón de la última medida de división a la primera medida de división en la iésima dirección (i=1,2,3) (por omisión es 1).

Notas:

1) i=1 para curvas; i=2 para superficies y regiones e i=3 para volúmenes. El usuario sólo elegirá para el requerido enum() y spacing().

2) Este comando tiene una función principal que es: cuando es activado para cualquier entidad cuando se crea, tal como curvas, superficies o volúmenes; automáticamente será mallada de acuerdo a las especificaciones del comando ACTDMESH.

ACTSELEC.- Activa o desactiva la corriente lista de

selección para cualquiera de las entidades admisibles.

ACTCLR.- Activa o desactiva los colores del frente.

2.3 Paramétricos.

PARASSIGN.- Asigna un valor numérico para un parámetro (variable), por especificación de su nombre, tipo y valor. Los parámetros definidos pueden ser más tarde ser usados en expresiones aritméticas para definir valores numéricos para otros comandos.

Sintaxis del comando:

Par_name.- nombre del parámetro (variable). La longitud del nombre no excederá 6 caracteres, pueden ser letras o números.

par_type.- tipo del parámetro, los válidos son enteros y reales (por omisión es real!).

par_value.- valor numérico del parámetro.

Notas:

1) Espacios son permitidos en expresiones aritméticas, sólo si paréntesis con usados.

2) Las operaciones admisibles son: suma, resta, multiplicación, división y potencia.

Ejemplo1: PARASSIGN, radius, real, 6.5.

Este comando asigna un valor numérico real a la variable radius de 6.5.

Ejemplo2: PARASSIGN, a1,,3.0,

PARASSIGN, A2,,2.0*(a1+4)+1.2

Pt,,(a1*2+a2),a1/2.0,a1+a2-1.

El primer comando asigna un valor al parámetro **a1**. El **segundo** asigna un valor de 15.2 para el nuevo parámetro **a2**. El **tercer** comando especifica las coordenadas de un punto en función de **a1** y **a2**.

PARLIST y **PARDEL**.- Se utilizan para listar o suprimir lo definido previamente con el comando **PARASSIGN**.

8.4 Definición de impresión (OUTPUT_OPS).

PRINT_OPS.- Controla la salida de impresión de desplazamientos, velocidades, aceleraciones, modos de forma, matriz rigidez, temperaturas, gradientes de temperatura, valores de flujo de calor e información de ingreso detallada.

Sintaxis del comando:

deflag.- bandera para salida de impresión de desplazamientos.

EQ.0; no salida de impresión.

EQ.N; impresión a cada N paso de tiempo (por omisión es 1).

... CAROS

vflag.- bandera para salida de impresión de velocidades. Con opciones similares al anterior (por omisión es 0).

aflag.- bandera para salida de impresión de aceleración (por omisión es 0).

mflag.- bandera para salida de impresión de modos de forma (por omisión es 0).

kflag.- bandera para salida de impresión de matriz rigidez (por omisión es 0).

tflag.- bandera para salida de impresión de temperaturas (por omisión es 0).

tgflag.- bandera para salida de impresión de gradientes de temperatura (por omisión es 0).

hfflag.- bandera para salida de impresión de flujo de calor (por omisión es 0).

enflag.- bandera de ingresos detallados.

EQ.0; no imprime.

EQ.1; imprime coordenadas nodales, conectividades de elementos, grupos de materiales, constantes reales y vectores carga aplicados incluyendo el efecto de presiones de superficie (por omisión es 1).

oaflag.- bandera para análisis de salida agregado o sobrescrito.

EQ.0; sobrescribe sobre previa salida.

EQ.1; agrega al previamente salido (por omisión es 0).

Nota: El oaflag es convenientemente seteado a 1 para problemas de casos de carga múltiple.

Ejemplo: PRINT OPS,1,2,2.

Este comando instruye al programa para imprimir desplazamientos para cada paso de tiempo e imprime velocidades y aceleraciones a cada otro paso de tiempo.

1.5 Comunicación con MOD_STAR.

FEM_INPUT:

- MOD_INPUT.- Este comando escribe un archivo de

entrada al MOD_STAR, conteniendo los comandos equivalentes en MODSTAR para el modelo creada en GEOSTAR. Este archivo puede ser leído por MODSTAR, usando el comando "FILEINPUT" para crear la base de datos del problema y para ejecutar el módulo de análisis de interés.

Sintaxis del comando:

file_name.- nombre del archivo con extensión. La extensión recomendable es ".mod" (por omisión el nombre del archivo es el nombre del problema con extensión "mod").

nd_offset.- número de nodos fuera de lugar. El número de nodos en el modelo GS serían incrementados por este valor escribiendo el archivo de ingreso al MODSTAR.

el_offset y cs_offset.- número de elementos y número de sistemas de coordenadas fuera de lugar. El número de elementos y de sistemas de coordenadas en el modelo GS, serían incrementados por este valor, escribiendo el archivo de ingreso al MODSTAR.

Nota: El usuario puede cargar y corregir varios tipos de análisis usando GS (R_STATIC, R_FREQUENCY, R_DYNAMIC, R_BUCKLING), Sin embargo con esta versión

de GS, los módulos NSTAR, HSTAR, FLOWSTAR, OPSTAR, ESTAR y SHELLSTAR pueden no ser cargados directamente desde GS pero archivos compatibles pueden ser generados usando el comando MODINP para luego usar en MODSTAR.

B.6 Seleccihn del tipp de análisis.

ADAPTATIVE.- Especifica mallado adaptativo para problemas estático lineales. Los parámetros de este comando son usados por el comando R_STATIC (para aumentar progresivamente la malla hasta que un nivel de exactitud deseado sea logrado. El aumento de malla es basado sobre un estimado del error en el tipo de energía de deformación usando resultados desde el análisis de esfuerzos. Errores más elevados son usualmente asociados con elementos a zonas de concentración de esfuerzos y elementos con alta razón de aspecto.

Tres métodos son provistos para aumento de malla, llamados:

1.- El método-H. Los elementos con elevado tipo de error en la energía de deformación, son progresivamente subdivididos hasta que el porcentaje de error para cada elemento sea igual o menor que el especificado permitido, o el máximo número de lazos especificado sea logrado. El número de elementos

progresivamente incrementa en este método.

2.- El método-P.- El orden del polinomio de todos, los elementos (ver nota 1 abajo) es incrementado hasta que el porcentaje de error para cada elemento sea igual o menor que el especificado permitido, o cualquiera el más alto orden de polinomio o el máximo número de lazos sea alcanzado. El número de elementos en este método permanece sin cambiar.

3.- El método-HP.- Este método combina los métodos H y P. Dos niveles de error permitidos son especificados en este método y la malla aumentada es hecha en dos etapas. El método H es progresivamente usado hasta que el más alto nivel de error sea satisfecho y entonces el método P es usado para satisfacer el más bajo nivel de error permitido. Si el orden más alto de polinomio es alcanzado, el H es usado de nuevo (elementos de más alto orden son subdivididos) para satisfacer el obligado error. GEOSTAR sale de la malla adaptativa siempre que el número máximo de lazos sea alcanzado.

Sintaxis del comando:

method.- bandera para definir el método a usarse en la malla adaptativa.

EQ.O; método H.

EQ.1; método P.

EQ.2; método H-P.

maxloop.- número máximo de lazos. Par cada lazo, el análisis estático es repetido y los errores son comparados con el obligada que se especifica. GEOSTAR termina adaptando la malla siempre que el error sujeto sea satisfecha, o el número máximo de lazos sea *realizado (por omisión es 10).

crntpoly.- arden de polinomio corriente del elemento (por omisión es 1).

E =

maxpoly.- máximo orden polinómico a ser usado (por omisión es 2).

eperrl.- porcentaje de error para orden más bajo de elemento (por omisión es 50).

eperrh.- porcentaje de error para más alta orden de elemento (por omisión es 5.0).

epush.- bandera para activar nodos de la frontera a medida que la malla es refinada.

EQ.0; no activa los nodos de la frontera.

EQ.1; activa los nodos de la frontera (por omisión es 0).

display.- bandera para activar o desactivar la muestra del problema sobre la pantalla mientras que la malla sea modificada y el análisis estático sea repetidamente ejecutado en orden para llegar al error sujeto especificado.

EQ.0; desactiva el display.

EQ.1; activa el display (por omisión es 1).

Notas:

- 1) La malla adaptativa es sólo implementada para elementos triangulares en esta versión del COSMOSM 1.6.
- 2) La bandera npush es dada para que los filos de los elementos en una malla en curso no sigan cerradamente la frontera geométrica del modelo y los nodos creados sobre estos filos, durante la adaptación de malla, también no tocarían sobre la frontera. Si la bandera está encendida, todos los nodos creados son unidos (presionados) a la frontera antes que el análisis sea ejecutado. El usuario puede acelerar el proceso por cambio de esta bandera a apagado. Esto es justificado si los elementos de frontera en la malla original sigan cerradamente la frontera geométrica del modelo.
- 3) El valor maxpoly es ignorado en el método-M.

asignados al argumento de la bandera. La actual reenumeración es hecha en el programa de análisis.

STRESS.- Setea la bandera para cálculos de esfuerzos que es usada por el comando **R_STATIC**.

DATA_CHECK.- Asegura que los grupos de propiedades de material y constantes reales tengan que ser definidas para cada elemento en la base de datos.

Notas:

1) **GEOSTAR** automáticamente restringe exceso de grados de libertad. Pero no restringe cualquier **DOF**.

2) En general es recomendable editar este comando antes de cualquier paso de solución.

A_STATIC.- Especifica detalles del análisis **estático** lineal a ser ejecutado más tarde por el comando **R_STATIC**.

Sintaxis del comando:

iloads.- bandera para cargas especiales.

EQ.N; no hay cargas especiales presentes.

EQ.C; cargas centrífugas presentes.

EQ.G; cargas gravitacionales presentes.

EQ.T; cargas térmicas presentes.

(Por omisión es N). Cualquier otro caracter puede ser asignado 2 ó 3 caracteres en una combinación de C, G y T.

inpln.- bandera para incluir efectos de rigidez en el plano.

EQ.0; no considera efectos en el plano.

EQ.1; considera efectos en el plano.

isofl.- bandera para agregar suavidad elástica.

EQ.0; no agrega.

EQ.1; agrega.

soft.- constante de suavidad elástica.

EQ.0; constante a 1.0E-6

GT.0; constante a ser usada.

stifs.- valor de constante de resorte a imponer a las condiciones de frontera en coordenadas locales (por omisión es 1.0E+10).

save_k.- bandera para grabar matriz de rigidez descompuesta.

EQ.0; no graba.

EQ.1; graba.

form_k.- bandera para especificar formación de matriz rigidez.

EQ.0; forma matriz rigidez.

EQ.1; usa matriz rigidez descompuesta grabada de una corrida previa.

up_crd.- bandera para coordenada de sobredato para configuración deformada.

EQ.0; no coordenadas de **ssbredato**.

EQ.1; coordenadas de **sobredato** (por omisión es 0).

Notas:

1) Para "isoft-EQ.1" una pequeña constante de rigidez es agregada a todos los términos de la diagonal de la matriz rigidez global en orden para **separa** el **mal** proceder debido a nodos de cuerpos rígidos u otras condiciones.

2) El "save_k" y "form_k" son banderas para **ser** usadas con opción de cargas múltiples.

3) La **bandera** "up_crd" puede **ser** usada para considerar el efecto de imperfecciones **sobre** el análisis de pandeo.

A_STRESS.- Especifica detalles del análisis de

esfuerzos a ser ejecutados después por el comando "R_STRESS".

Sintaxis del comando:

iaisc.- bandera para utilizar las normas AISC en la revisión de esfuerzos.

EQ.0; no revisa códigos AISC.

EQ.1; escribe elementos vigas con esfuerzos nodales dentro de un archivo a ser usado después por el módulo de códigos AISC, o para trazar diagramas de momento flexionante y fuerzas cortantes (por omisión es 0).

nelement.- numero de elementos para los cuales el impreso de esfuerzos es especificado.

EQ.0; esfuerzos impresos para todos los elementos.

EQ.N; esfuerzos impresos para N elementos con más alta esfuerzo, N es limitado a 25 (por omisión es 0).

ipstp.- bandera para ingreso de esfuerzos principales.

EQ.0; no imprime esfuerzos principales.

EQ.1; imprime esfuerzos principales.

ithstp.- no se sa.



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

nlayr.- número de capas para trazado de esfuerzos en elementos coraza multi-capas. Limitado a 50 (por omisión es 1).

ifail.- bandera para análisis de fallas de elementos coraza compuestas.

EQ.0; no funciona el análisis de fallas.

EQ.1; funciona el análisis de fallas usando el criterio de Tsai-Wu.

EQ.2; funciona el análisis de fallas usando el criterio de Hill (por omisión es 0).

A_FREQUENCY.- Especifica detalles del análisis de frecuencia a ser ejecutados más tarde por el comando "R_FREQUENCY",

sintaxis del comando:

nfreq.- numero de frecuencias a ser calculadas.

method.- método de análisis de frecuencia.

EQ.B; métodos de iteración de subespacio.

EQ.J; método de Jacobi (limitado a 50 DOF).

EQ.L; método de Lanczos.

EQ.GS; reducción de Guyan usando el método de subespacio para reducción de sistemas.

EQ.GJ; reducción de Guyan usando el método de

Jacobi para reducción **de** sistemas,
 EQ.0; análisis complejo de valores **EIGEN**
 (limitada a 50 DOF).

EQ.1; **método de** potencia inversa (**para** ω freq,
 EQ.1 solamente) (por omisión es **S**).

itmax,- máximo numero de iteraciones **para métodos** de
 subespacio y potencia inversa.

ifss,- bandera para secuencia sturn (**ver** nota 1)

EQ.0; no revisa secuencia sturn.

EQ.1; aplica revisión de secuencia sturn.

ishift,- bandera para cambiar valor Eigen.

EQ.0; no **cambia** valor Eigen.

EQ.1; programa **aplica** cambia de **valor Eigen**.

EQ.2; usuario aplica cambio de valor Eigen.

shift,- valor **de** cambio de valor Eigen en **(rad/time)**.

Sólo usado **2** si ishift EQ.2. (**cambia al** cuadrado de
la frecuencia).

inpln,- bandera para incluir factor de rigidez en el
 plano.

EQ.0; no considera efectos en el plano.

EQ.1; considera efectos en el plano (**por**
 omisión es 0).

rtol.- tolerancia de convergencia para valores Eigen
(por omisión es 1.0E-5).

isoft.- bandera para adición de torsión suave.

EQ.0; no agrega torsión Suave.

EQ.1; agrega torsión suave.

soft.- constante de torsión suave.

EQ.0; setea la constante a 1.0E-6.

GT.0; constante a ser usada (por omisión es
1.0e-6).

iharm.- número armónico para elemento coraza
axisimétrico (por omisión 0.0).

sdmpcm,- constante de amortiguamiento estructural a
ser usado calculando frecuencias complejas.

imass.- tipo de matriz masa.

EQ.0; masas puntuales.

EQ.1; masas consistentes.

Notas:

1) Cuando el "sturm sequence check" es activado, el programa cuenta el número de valores Eigen que existirían entre las frecuencias mínimas y máximas e imprime un mensaje de cuidado si pocas frecuencias son

encontradas. El usuario puede reingresar el problema aplicando un shift (cambio) o más iteraciones para encontrar las frecuencias posibles.

2) El cambio de valores Eigen puede ser utilizado en dos formas:

a) Para determinar frecuencias y formas de modo de estructuras con movimientos de cuerpo rígido.

b) Para determinar frecuencias y formas de modo de un sistema sin un cierto rango de frecuencia. Si "ishift" es seteado igual a 1, el programa calcula y aplica un cambio positivo. El positivo "shift" es usado para encontrar las frecuencias de sistemas inestables (sistemas con modas de cuerpo rígido o frecuencias cero). Si "shift" es seteado igual a 2 el usuario ingresa el valor de shift. Esta opción debe ser usada cuando un negativo "shift" es deseado en orden para encontrar frecuencias del sistema dentro de un cierto rango. Negativos "shift" pueden ser sólo aplicados en conjunto con el método de "subespacio".

A_BUCKLING. - Detalle del análisis de pandeo.

Sintaxis del comando:

riegv.- número de valores Eigen a ser calculados (por omisión es 1). Cabe anotar que sólo la opción por omisión es aprovechable en máquinas 206.

método.- método de análisis de frecuencia.

EQ.I; método de potencia inversa.

EQ.5; iteración de subespacio.

EQ.J; método de Jacobi.

EQ.L; método de Lanczos (por omisión es I).

maxiter.- número máximo de iteraciones para pandeo cuando uno de los métodos I o S es usado (por omisión es 15).

tol.- tolerancia de convergencia para valores Eigen (por omisión es $1.0E-5$).

shift.- bandera para cambio de valor Eigen (las alternativas que el análisis anterior de frecuencia).

Notas:

1) SHIFT es aplicado para convergencia al modo más alto de pandeo. El valor de "shift" debe ser cerrado a la carga de pandeo deseada o sino toma lugar la convergencia al modo adyacente.

2) SHIFT es aplicado al valor Eigen, no a la



BIBLIOTECA



frecuencia y trabaja con el método de iteración de subespacio.

Análisis térmico.- Detalles del tipo de análisis térmico o realizarse. Lo encontramos dentro de MODSTAR bajo el nombre de "THERMAL",

Sintaxis del comando:

option.- opción de análisis térmico:

EQ.0; análisis de estado estable.

EQ.1; análisis transiente.

tol.- tolerancia de convergencia (valor por omisión es 0.001).

Ejecución de los programas de análisis.

RUN_CHECK.- Ejecuta un análisis completo de la base de datos del problema y prepara un **reporte** de la situación de los datos en un archivo "problem_name.chf" en el que se ejecuta lo siguiente:

1;- Ejecuta todas las funciones del "DATA_CHECK", especialmente de un grupo de elementos, un grupo de propiedades del material y un grupo de constantes reales que estén asociados con cada elemento.

2.- Edita un mensaje de alerta si un nodo NO existente es usado para definir un elemento.

son:

3.- Para los elementos PLANEZD y todos los SHELL, un mensaje de alerta se edita si:

- a) Si la razón de aspecto de un elemento excede de 5.
- b) Si un ángulo en un elemento de tres nodos es menor a 20 grados o mayor que 135 grados.
- c) Si sin ángulo en un elemento de cuatro nodos es menor que 45 grados o mayor que 135 grados.

4.- Para elementos sólidos únicamente la razón de aspecto es revisada en el elemento,

5.- Para elementos BEAM3D, BOUNDARY y todos los SHELL triangulares, la conectividad de los elementos es revisada y una alerta se edita si el área definida por tres nodos es menor que $1.0E-5$.

6.- Se recomienda siempre que este comando se edite antes de correr el análisis.

R_STATIC.- Ejecuta el análisis estático lineal, calcula las desplazamiento nodales usando el programa STAR. El comando automáticamente corre el programa STRESS para el cálculo de esfuerzos, a menos que también se especificara por el comando R_STRESS.

Nota:

1.- Los pasos recomendados para el análisis estático son:

- a) Cree todos los datos de entrada necesarios.
- b) Plotee los datos antes del análisis.
- c) Ejecute el comando "DATA_CHECK" para estar seguros que los grupos de propiedades del material, elementos grupos y constantes reales están definidas para todos los elementos.
- d) Ejecute el comando "ECHECK" para suprimir los elementos degenerados.
- e) Edite el comando "R_STATIC".

2) Este comando calcula los desplazamientos para todos los casos de carga. El comando "LCSET" puede ser usado para situar las banderas de casos de carga.

Los esfuerzos son calculados para el caso de carga activo únicamente. Si los esfuerzos para otros casos de carga son deseados, este caso de carga deberá primeramente ser activado a través del comando "ACTSET".

3) Si una malla adaptativa es especificada, el comando "R_STATIC" será progresivamente repetido de acuerdo a lo instruida en el comando "ADAPTATIVE".

R_STRESS.- Ejecuta el análisis de esfuerzos. Calcula

esfuerzos para problemas lineales únicamente, usando al programa "STRESS" del paquete de COSMOSM. Los esfuerzos son computados usando como datos los desplazamientos previamente generados por el comando "R_STATIC",

R_FREQUENCY.- Ejecuta el análisis dinámico, Calcula las frecuencias y modas de forma usando el programa "DSTAR",

Nota: Usa las banderas especificadas por al comando A_FREQUENCY,

CAPITULO IX.

POST-PROCESADOR.

Comandos de activación del Post-procesador.

(P_ACTIVE).

ACTPOST.- Este comando selecciona el tipo de análisis para post-procesamiento. El comando es ejecutado cuando mas de un tipo de análisis con ejecutados para un problema corriente.

Sintaxis del comando:

type.- tipo de análisis:

0; lineal.

1; no lineal.

2; forma de modo (frecuencia o pandeo) (por omisión el último análisis corrido).

Nota: Todas las cantidades cargadas en la pantalla serán acordes a análisis especificado en este comando. El usuario no necesita editar este comando

cuando únicamente un tipo de análisis **es usado** en el problema.

ACTSTR.- Este comando carga las **componentes de esfuerzo** especificado desde **la base de datos** correspondiente en **la memoria buffer**.

Sintaxis del comando:

lcts.- número de caso de carga (si tipo=0),

numero de **pasos** de tiempo (si tipo=1) (por omisión es 1),

comp.- componente de esfuerzo.

Sx; esfuerzo normal en la dirección X.

Sy; esfuerzo normal en la dirección Y,

Sz; esfuerzo normal en la dirección Z.

Txy; esfuerzo cortante en el plano X-Y.

Txz; esfuerzo cortante en el plano X-Z.

Tyz; esfuerzo cortante en el plano Y-Z.

P1; esfuerzo normal en la dirección X principal.

P2; esfuerzo normal en la dirección Y principal.

P3; esfuerzo normal en la dirección Z principal.

Von; esfuerzo de Von Mises.

INT; esfuerzo **intensivo**.

ERR; porcentaje de error en el **esfuerzo** de Von Mises (por omisión Von).

stflag.- bandera de esfuerzo. -

1.- esfuerzo nodal.

2.- esfuerzo en elementos (por omisión 1).

face.- cara en la cual el esfuerzo será listado.

0-> cara alta (top).

1-> cara baja (bottom).

Notas:

1) Unicamente un trazado (plot) podrá ser almacenado.

2) Unicamente esfuerzos para el último caso de carga es aprovechable para cargar desde la base de datos en la zona de muestra de esfuerzos.

Ejemplo: ACTSTR, 1,Von,1,0.

Este comando carga el esfuerzo de Von Mises para el caso de carga i, en paso de tiempo 1.

ACTDISP.- Este comando carga la componente de desplazamiento para la base de datos corriente en la memoria de trazado (ploteo).

Sintaxis del comando:

lcts.- número de caso de carga (si tipo=0).

número de paso de tiempo (si tipo=1).

número de forma de modo (si tipo=2).

(Por omisión es 1).

comp.- componente de desplazamiento.

UX; desplazamiento en la dirección X.

UY; desplazamiento en la dirección Y.

UZ; desplazamiento en la dirección Z.

RES; desplazamiento resultante.

Ejemplo: ACTDIS, 3,UZ.

Este comando carga los desplazamientos en la dirección Z, resultados del tercer paso de tiempo, caso de carga o modo de forma dependiendo del tipo de análisis activo.

P_SETTINGS:

SETSTR.- Este comando selecciona los colores asociadas con los esfuerzos mostrados. El usuario necesita editar este comando, únicamente si los valores por omisión no son deseados.

Sintaxis del comando:

scolor.- primer número del color (1 a 16) (por omisión es 1).

levels.- número de niveles deseados (por omisión 16).

stmin.- mínimo valor de esfuerzo para mostrar en pantalla,

stmax.- máximo valor de esfuerzo para mostrar pantalla.



BIBLIOTECA

lbpricount.- intervalos entre los números de contorno (por omisión es 0).

Nota: Los valores por omisión para resultados dmin y dmax (en el caso de SETDIS, el cual es similar a este comando) da una automática escala para el exacto valor de desplazamiento mínimo y máximo para la componente cargada y mostrada.

9.2 Activación de trazado de resultados (P_PLOTS).

DEFPLOT.- Carga y muestra la deformada por análisis estático, frecuencia y pandeo.

Sintaxis del comando:

lcts.- número de caso de carga (si tipo=0).
 número de paso de tiempo (si tipo=1).
 número de modo de forma (si tipo=2).
 (Por omisión es 1).



bel.- primer elemento especificado en el modelo (por

inc.- incremento entre nodos o elementos en el modelo (por omisión es 1).

shpflg.- forma del modelo a ser usada para la muestra.

0; forma del modelo sin deformar.

1; forma del modelo deformada.

clrfill.- bandera para zonas de esfuerzo llenas con un color.

0- llena.

1-> no llena ,(contorno\$ de esfuerzos son trazados en calor).

chart.- bandera que dibuja la carta.

0-> no dibuja la carta,

1-> dibuja la carta..

DISPLOT.- Traza contornos de desplazamientos conectando nodos de igual desplazamiento para la componente de desplazamiento cargada en la memoria definida en ACTDIS.

Sintaxis del comando:

lcts.- número de Caso de carga (para análisis estático).

número de paso de tiempo (para análisis no

lineal).

número de forma de modo (para análisis de frecuencia o pandeo).

bel.- primer elemento especificado en el modelo.

eel.- último elemento especificado en el modelo.

inc.- incremento entre los elementos.

shpflag.- forma del modelo. Al igual que el comando anterior la sintaxis es la misma para esta bandera como para los siguientes argumentos.

P_RESULTS: DISMAX.- Lista los valores extremos de una componente de desplazamiento específico para el tipo de análisis activo. Los desplazamientos con un porcentaje de los valores extremos son también listados. Todos los listados son hechos para el tipo de análisis activo el cual puede ser cambiado por el comando ACTPOST.

Sintaxis del comando:

lnts.- número de caso de carga (para análisis estático).

número de paso de tiempo (para análisis no

lineal).

numero de forma de modo (para análisis de frecuencia o pandeo).

comp.- componente de desplazamiento a ser listada: UX, UY, UZ, RX, RY, RZ, RES.

tol.- porcentaje de tolerancia en el listado. Los desplazamientos con el valor extremo son también listados.

criterion.- criterio para el listado.

ABS: máximo absoluto.

MAX: máximo algebraico.

MIN; minimo absoluto (por omisión es ABS).

sntflag.- bandera de clasificación.

0- lista sin clasificar (listado secuencial).

1- lista clasificando valores (valores de desplazamiento).

Ejemplo: DISMAX, 1,UX,10,MAX,1.

Este comando lista el máximo desplazamiento en X. Los desplazamientos con 10% del máximo valor son también listados. La lista es hecha para el caso de carga 1 (o modo de forma), la lista se clasifica con respecto a

los valores de desplazamiento.

DISLIST* - Lista todas las componentes de desplazamiento para todos los nodos especificados del modelo.

Sintaxis del comando:

lcts. - número de caso de carga (para análisis estático).

numero de paso de tiempo (para análisis no lineal).

número de forma de modo (para análisis de frecuencia o pandeo).

bnd. - primer nodo especificado en el modelo.

end. - última nodo especificado en el modelo.

inc. - incremento entre los nodos del modelo.

APENDICE A.

**EJEMPLOS DE GENERACION DE GEOMETRIAS Y MALLAS DE
ELEMENTOS FINITOS.**

A.1 MODELO DE UN TUBO ABIERTO CON BRIDA.

Comandos:

```
VIEW,0,0,1          C* Define la vista de
                    C* pantalla referido al
                    C* plano X-Y

REPAINT,,,          C* Repinta la pantalla

PT,1,15.0,90.0,0.0, C* Define punto 1 a x=15.,
                    C* y=90. and z=0.

PT,2,15.0,40.0,0.0,
PT,3,15.0,30.0,0.0,
PT,4,30.0,90.0,0.0,
PT,5,30.0,40.0,0.0,
PT,6,30.0,30.0,0.0,
PT,7,30.0,20.0,0.0,
PT,8,50.0,35.0,0.0,
PT,9,50.0,15.0,0.0,
PT,10,50.0,25.0,0.0,

CRLINE,1,1,4,       C* Define la Línea (#1)
                    C* between Keypoints 1 and
                    C* 4

CRLINE,2,2,5,
CRLINE,3,3,6,
CRLINE,4,5,8,
CRLINE,5,7,9,
CRLINE,6,6,10,
```

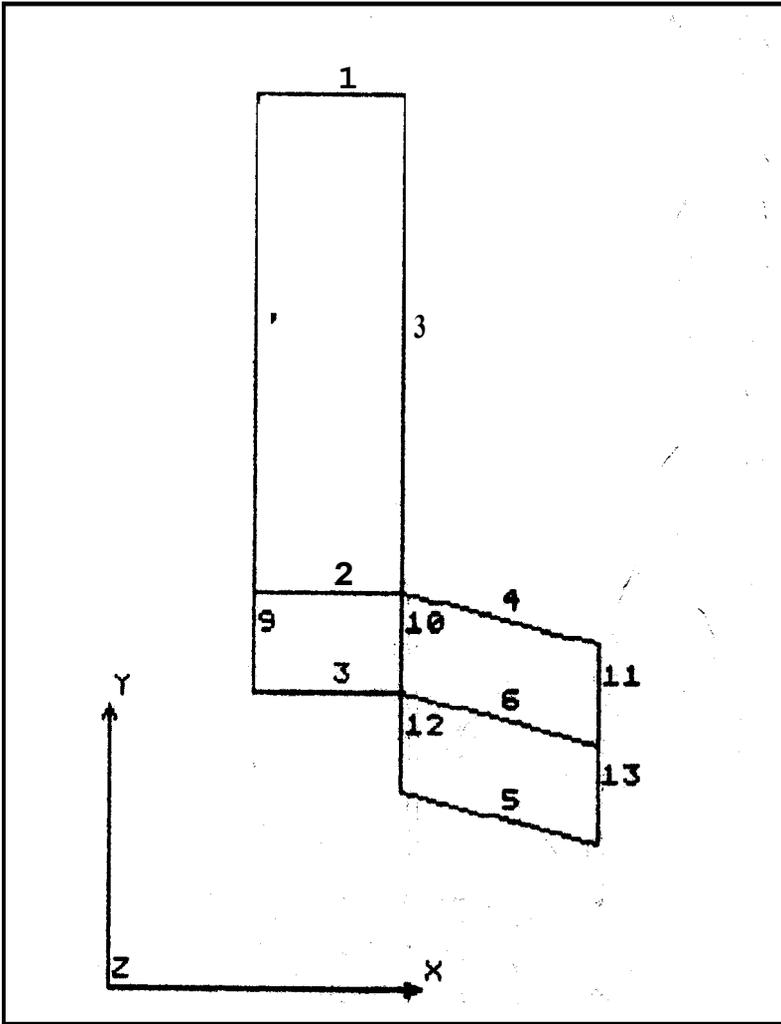


Fig. A.1.1 Curvas y puntos del modelo,

```

SF2CR,1,1,2,          C* Define a Superficie (#1)
                      C* entre dos fronteras
                      C* Curves 1 and 2

SF2CR,2,2,3,

SF2CR,3,4,6,

SF2CR,4,6,5,

CLS,,                C* Limpia la pantalla

VIEW,1,1,1
  
```

AXIS,,,

C* Muestra los ejes de

C* coordenadas globales

VL.SWEEP,1,4,1,Y,270.0,3,

C* Genera Volúmenes por

C* deslizamiento de la

C* superficie 1 a la 4

C* alrededor del eje y con

C* un incremento de 1, por

C* 270 grados con 3

C* segmentos

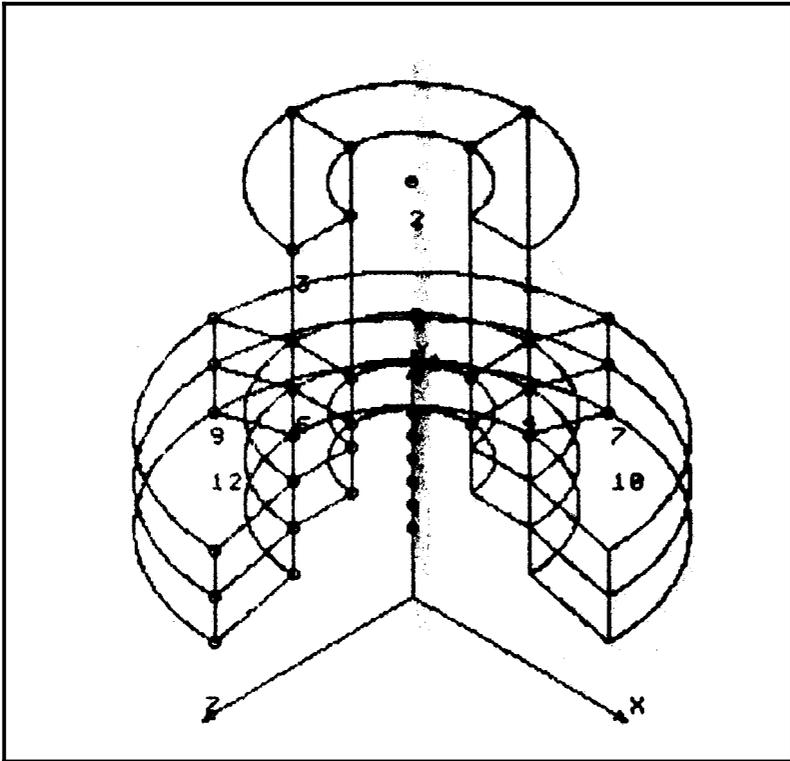


Fig. A.1.2 Generación de superficies.

SCALE,,,

C* Escala de la pantalla

M.VL,1,3,1,8,3,6,3,1.0,1.0,1.0,

C* Malla volúmenes 1

ale-

C* to 3 con un incremento
C* de 1 con elementos
C* sólidos de 6-nodos. Los
C* tres mayores lados de
C* cada volumen son
C* divididos dentro de 4, 8
C* y 4 segmentos
C* respectivamente

M_VL,4,12,1,8,3,3,3,1.0,1.0,1.0,

CLS,,,,

HIDDEN,,,

C* Cambia la5 líneas

C* ocultas a la opción de

C* encendido

EPLLOT,,,

C* Traza todos los

C* elementos

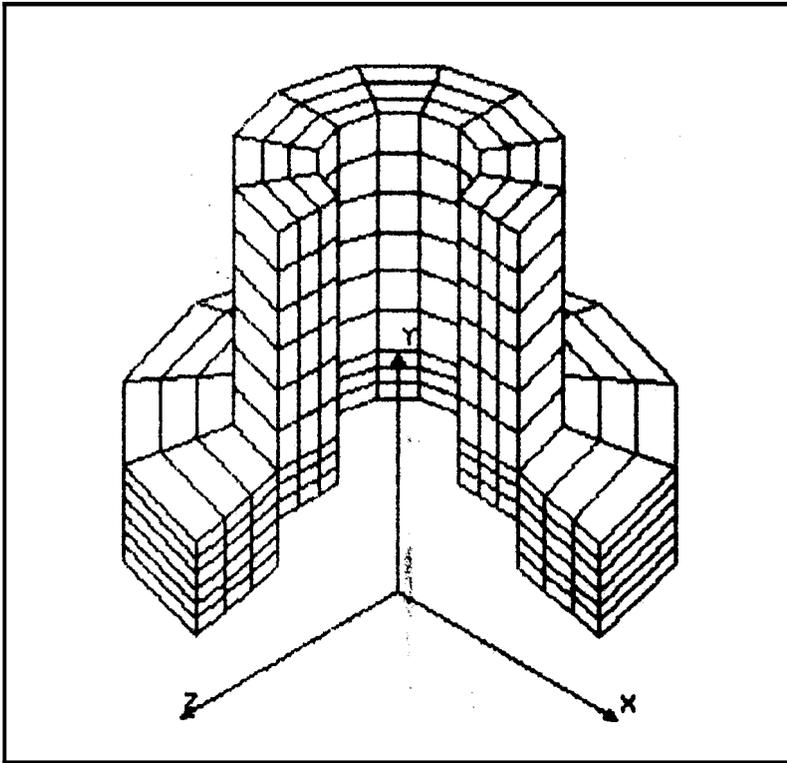


Fig. A.1.3 Mallado de volúmenes.



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

A.2 MODELO DE UNA INTERSECCION DE DOS TUBOS.

```

PT,1,0.0,0.0,0.0,          C* Define el punto 1 a
                             C* x=0., y=0. y z=0.

PT,2,20.0,0.0,0.0,

PT,3,0.0,20.0,0.0,

PT,4,0.0,0.0,50.0,

PT,5,0.0,50.0,0.0.

CRARC,1,3,2,1,20.0,       C* Define un arco(#1) entre
                             C* los puntos 3 y 4 con c/c
                             C* próximo al punto 1 con
                             C* radio 20

CRARC,2,5,4,1,50.0,

SFEXTR,1,1,1,Z,100.0,     C* Genera la superficie 1
                             C* por extrusión del arco
                             C* 1, 100 unidades en la
                             C* dirección Z.

SFEXTR,2,2,1,X,75.0.

CRINTSS,1,2,2,1,         C* Genera una curva por
                             C* intersección de la
                             C* Superficie 1 con la
                             C* superficie 2

CRBRK,9,9,1,2,          C* Quiebra la curva 9 en
                             C* dos segmentos

CRONSF,12,8,2.          C* Define a Curva con dos

```

C* extremos, los puntos

CX 8 y 12 sobre la

C* superficie 2

LINE,12,11,9,

C* Define la línea(#12)

C* entre los puntos 11 y 9

CRARC,13,5,10,1,50,0.

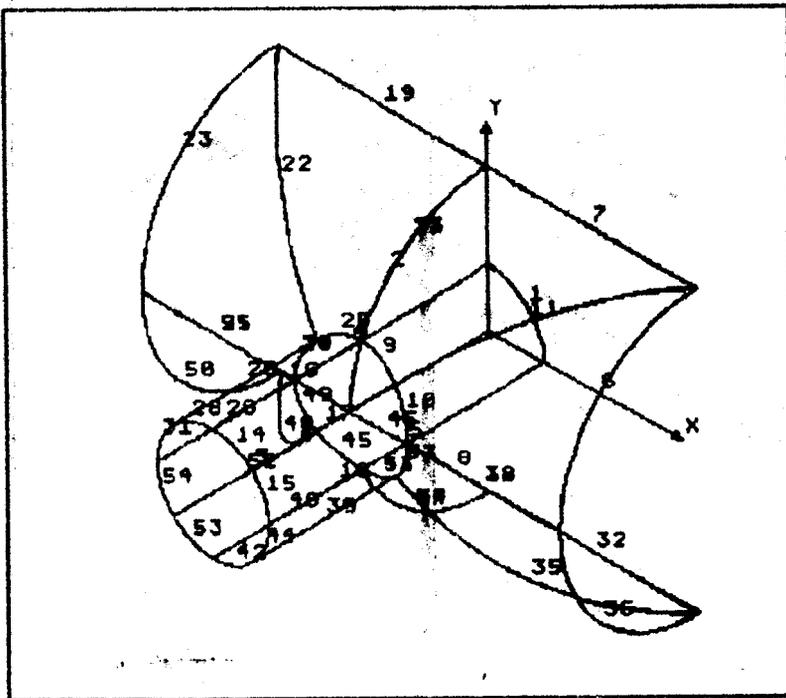


Fig. A.2.1. Generación de curvas.

4CR,3,13,9,11,7.

C* Define la superficie 3

C* entre cuatro curvas de

C* frontera 13, 9, 11 and 7

4CR,4,12,10,11,6,

CRK,3,3,1,2,

2CR,5,9,14,

C* Define la superficie 5

C* entre dos curvas de

C* frontera la 9 y 3

2CR,6,10,15,

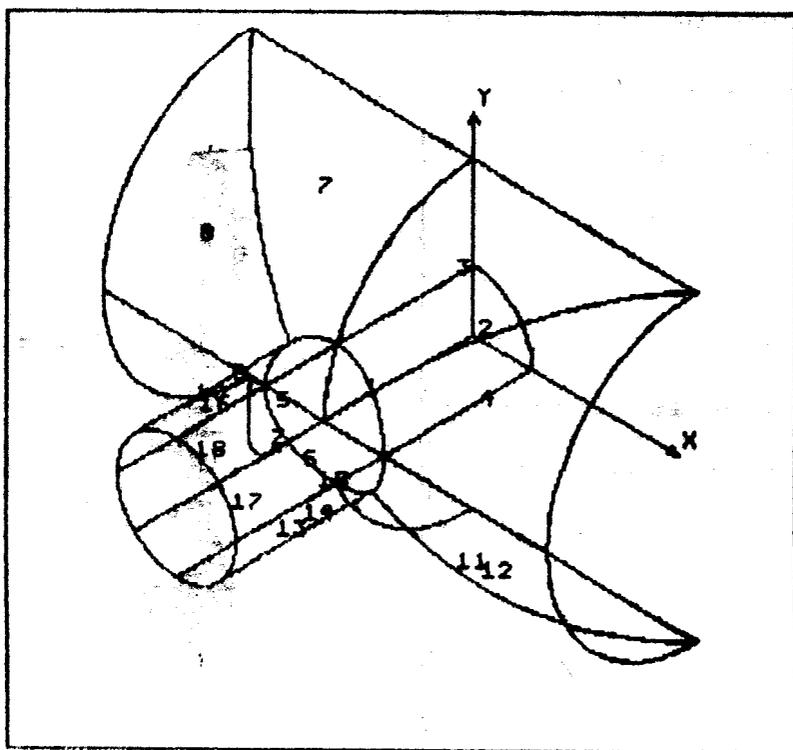


Fig. A.2.2 Superficies del modelo.

SPR

CL

M_SF,3,6,1,4,6,6,1.0,1.0,

C* Malla la superficie 3 a

C* la 6 con un incremento

C* de 1, y elementos de 4

C* -nodos considerando 6

C* elementos a lo largo de

C* cada lado mayor de estas

C* superficies

VIEW,1.0,1.0,1.0.

C* Define la vista

C* isométrica

ACTDMESH,SF,1,4,6,6,1.0,1.0, Ct Activa la superficie por
Ct omisión mallada usando . .
Ct elementos de 4-nodos
Ct considerando 6 elementos
Ct a lo largo de cada lado
C* mayor de cada superficie

BFSYM,3,6,1,X,1, C* Usa simetría para crear
C* superficies adicionales
C* a lo largo de la malla
C* usando las superficies 3
C* a la 5 con un incremento
C* de 1 alrededor del plano
C* Y-z

BFSYM,3,10,1,Y,1,
CLS,*, C* Limpia la pantalla

SCALE,,, C* escala la pantalla
CLS,,,

HIDDEN,,, C* Cambia las líneas
C* acultas a la opción de
C* encendido

EPLOT,,,,, C* Traza todos los
CX elementos.

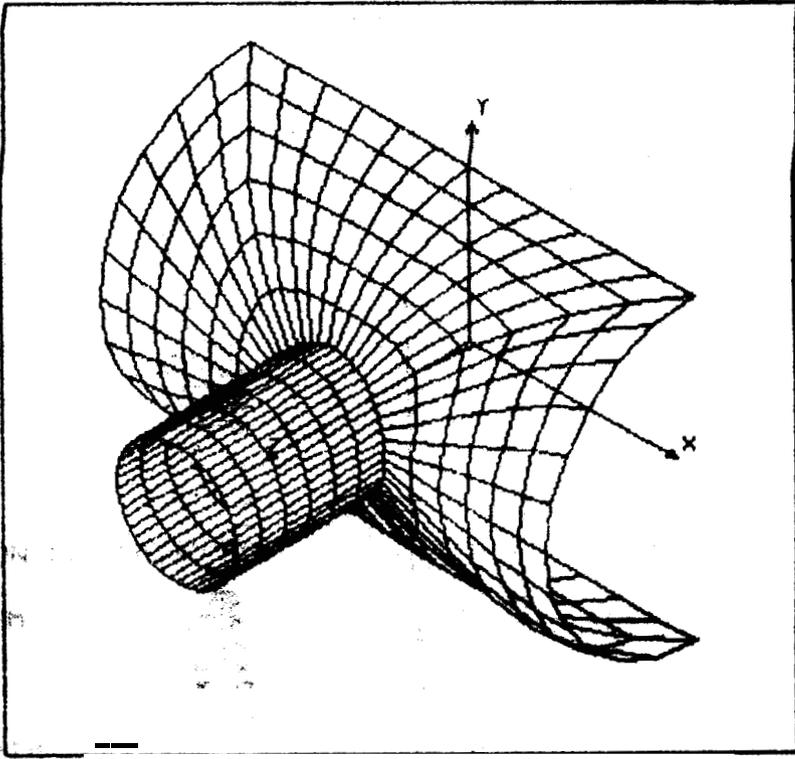


fig. A.2.3 [malla#de superficies.

En

BLEM

Es

la

CCION

GRABAR

DE

APENDICE B

SOLUCION DE PROBLEMAS POR ELEMENTOS FINITOS EMPLEANDO

ANSYS.

Este

Este apéndice contiene la solución de problemas para
diferentes tipos de análisis, para lo cual se ha comparado
la respuesta de solución del programa con la solución
obtenida de las referencias que se mencionan.

LO

B.1 Estructura en tres dimensiones.

PROBLEMA :

Una estructura de barras de 25 miembros, que es mostrada en la figura, es analizada para calcular las fuerzas y reacciones en la estructura y comparadas con otros programa.;

TIPO DE ELEMENTO:

Elemento barra en tres dimensiones (TRUSS3D).

PROPIEDADES:

$E = 2.1E4 \text{ KN/cm}^2$

AREA: elementos del 1 al 5 = 10.47 cm^2
 elementos del 6 al 9 = 10.03 cm^2
 elementos del 10 al 21 = 21.06 cm^2
 elementos del 22 al 25 = 42.12 cm^2

MODELO DE ELEMENTO FINITO:

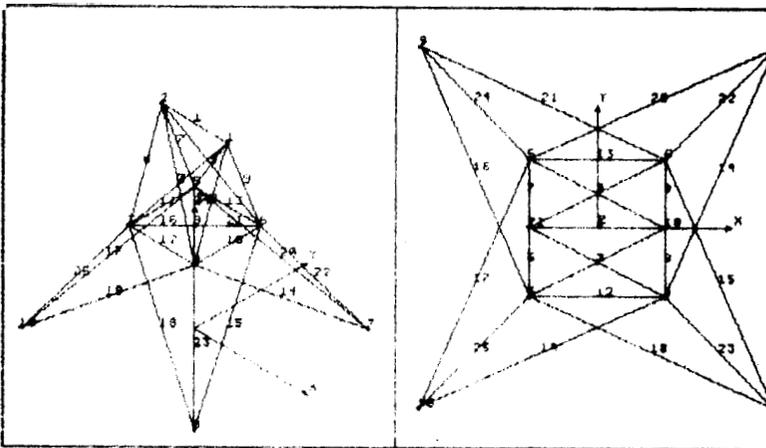


Fig. B.1. Geometría del modelo.

Comandos :

* Definición de la geometría del problemas

PT,1,250,250,0,

PT,2,-250,250,0,

PT,3,-250,-250,0,

PT,4,250,-250,0,

PT,5,95,95,250,

PT,6,-95,95,250,

PT,7,-95,-95,250,

PT,8,95,-95,250,

PT,9,95,0,500,

PT,10,-95,0,500,

SCALE * 0,

CRLINE,1,9,10,

CRLINE,2,9,7,

CRLINE,3,10,8,

CRLINE,4,9,6,

CRLINE,5,10,5,

CRLINE,6,10,7,

CRLINE,7,10,6,

CRLINE,8,9,8,

CRLINE,9,9,5,

CRLINE,10,5,8,

CRLINE,11,6,7,

CRLINE,12,8,7,

CRLINE,13,5,6,

CRLINE,14,8,1,

CRLINE,15,5,4,
CRLINE,16,7,2,
CRLINE,17,6,3,
CRLINE,18,7,4,
CRLINE,19,8,3,
CRLINE,20,6,1,
CRLINE,21,5,2,
CRLINE,22,5,1,
CRLINE,23,8,4,
CRLINE,24,6,2,
CRLINE,25,7,3,
VIEW,0,0,1,

* Definición del tipo de elemento a usarse, propiedades del material y constantes reales empleadas:

EGROUP,1,TRUSS3D,0,0,0,0,0,0,0,0,

MPROP,1,EX,2.1E4,

MPROP,1,EY,2.1E4,

MPROP,1,EZ,2.1E4,

RCONST,1,1,1,1,10.47,

RCONST,1,2,1,1,19.03,

RCONST,1,3,1,1,21.06,

RCONST,1,4,1,1,42.12,

* Unión de nodos coincidentes y reducción del número total de los mismos:

NMERGE,1,50,1,0.0001,0,0,0,

COMPRESS,1,34 1

* Generación de la malla de elementos finitos a usarse:

M_CR,1,25,1,2,1,1,

* Definición de las condiciones de frontera en los nodos

DND,7,UX,0,10,1,UY,UZ,,

FND,1,FX,-4.5,1,1,

FND,1,FY,-45,1,1,

FND,2,FY,-45,2,1,

FND,1,FZ,-23,1,1,

FND,2,FZ,-23,2,1,

FND,4,FX,-2.3,6,2,

RFND,7,UX,10,1,UY,UZ,,

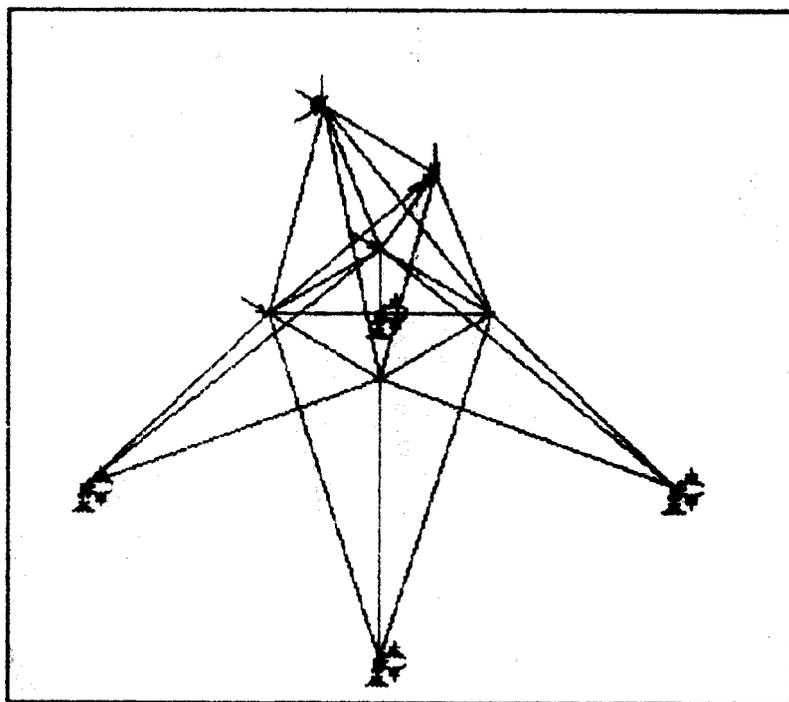


Fig. B.1.2 Condiciones de frontera.

* Cambio de las propiedades de ciertos elementos para definir características individuales:

EPROPCHANGE,1,5,1,RC,1,6,

EPROPCHANGE,6,9,1,RC,2,3,

EPROPCHANGE,10,21,1,RC,3,4,

EPROPCHANGE,22,25,1,RC,4,5,

ECLRSET,1,4,1,RC,16,

VIEW,1,0,0,

* Tipo de análisis a ejecutarse:

A_STATIC.

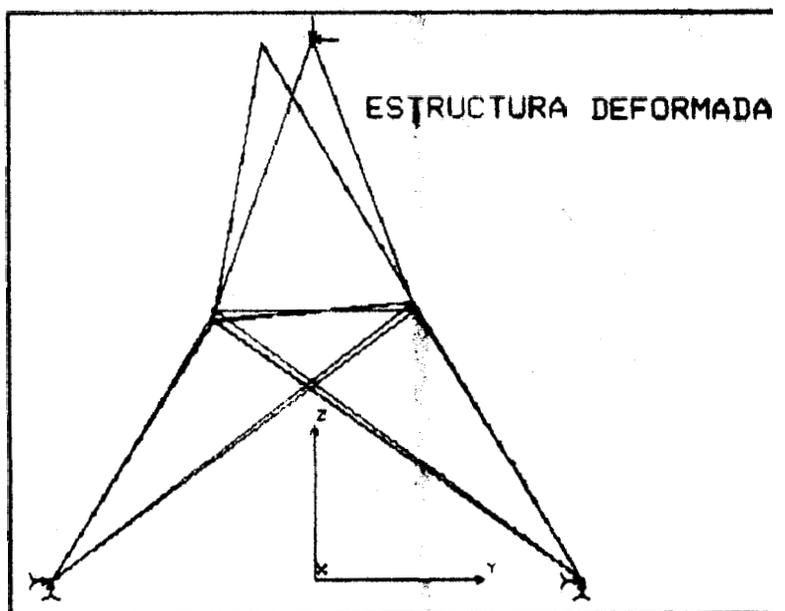


Fig. B.1.3 Deformada de la estructura.

REFERENCIA:

1. C.S Krishnamoorthy, "FINITE ELEMENT ANALYSIS", McGraw-Hill Book Company, 1ra. edición (1987).

RESULTADOS Y COMPARACION.

TITLE : Estructura tridimensional.

SUBTITLE : Analisis estatico.

```

CONTROL INFORMATION
NUMBER OF LOAD CASES . . . . . (NLCASE) = 1
SOLUTION MODE . . . . . (MODEX) = 0
  EQ. 0, STATIC ANALYSIS
  EQ. 1, BUCKLING ANALYSIS
  EQ. 2, DYNAMIC ANALYSIS
THERMAL LOADING FLAG . . . . . (ITHERM) = 0
  EQ. 0, NO THERMAL EFFECTS CONSIDERED
  EQ. 1, ADD TEMPERATURE EFFECT
GRAVITY LOADING FLAG . . . . . (IGRAV) = 0
  EQ. 0, NO GRAVITY LOADING CONSIDERED
  EQ. 1, ADD GRAVITY LOADING EFFECT
CENTRIFUGAL LOADING FLAG . . . . . (ICNTRF) = 0
  EQ. 0, NO CENTRIFUGAL LOADING CONSIDERED
  EQ. 1, ADD CENTRIFUGAL LOADING EFFECT
IN-PLANE STIFFENING FLAG . . . . . (INPLN) = 0
  EQ. 0, NO IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
  EQ. 1, IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
SOFT SPRING ADDITION FLAG . . . . . (ISOFT) = 0
  EQ. 0, NO SOFT SPRING OPTION
  EQ. 1, SOFT SPRING ADDED

SAVE DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX FLAG . . . (ISAVK) = 0
  EQ. 0, DO NOT SAVE DECOMPOSED K
  EQ. 1, SAVE DECOMPOSED K
FORM STIFFNESS MATRIX FLAG . . . . . (IFORMK) = 0
    
```

EQ. 0. FORM STIFFNESS MATRIX
 EQ. 1. USE EXIST DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX

TOTAL SYSTEM DATA

NUMBER OF EQUATIONS (NEQ) = 30
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS (NWK) = 330
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH (MK) = 21
 MEAN HALF BANDWIDTH (MM) = 11
 NUMBER OF ELEMENTS (NUME) = 25
 NUMBER OF NODAL POINTS (NUMNP) = 10
 SIZE OF EACH BLOCK (MTBLK) = 3467
 NUMBER OF BLOCKS (NBLK) = 1

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .382945E+04
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .489495E+03

LOAD CASE NUMBER = 1

REACTION FORCE

NODE	DIRECTION	COSMOSM REACTION FORCE	PASSFEM	SAPIV
7	1	28.716	28.716	28.716
7	2	16.679	16.679	16.679
7	3	-36.900	-36.9	-36.9
8	1	-41.322	-41.322	-41.322
8	2	28.321	28.321	28.321
8	3	53.100	53.1	53.1
9	1	-24.166	-24.166	-24.166
9	2	11.712	11.712	11.712
9	3	-30.100	-30.1	-30.1
10	1	45.872	45.872	45.872
10	2	33.288	33.288	33.288

TOTAL SYSTEM DATA

NUMBER OF EQUATIONS (NEQ) = 30
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS (NWK) = 330
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH (MK) = 21
 MEAN HALF BANDWIDTH (MM) = 11
 NUMBER OF ELEMENTS (NUME) = 25
 NUMBER OF NODAL POINTS (NUMNP)= 10
 SIZE OF EACH BLOCK (MTBLK)= 3467
 NUMBER OF BLOCKS (NBLK) = 1

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .182945E+04
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .489495E+03

LOAD CASE NUMBER = 1

REACTION FORCE

NODE	DIRECTION	COSMOSM REACTION FORCE	PASSFEM	SAPIV
7	1	28.716	28.716	28.716
7	2	16.679	16.679	16.679
7	3	-36.900	-36.9	-36.9
8	1	-41.322	-41.322	-41.322
8	2	28.321	28.321	28.321
8	3	53.100	53.1	53.1
9	1	-24.166	-24.166	-24.166
9	2	11.712	11.712	11.712
9	3	-30.100	-30.1	-30.1
10	1	45.872	45.872	45.872
10	2	33.288	33.288	33.288

D I S P L A C E M E N T S

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
1	-9.82772E-03	-.16716	-1.03651E-02	.00000	.00000	.00000
2	-1.10932E-02	-.16716	-1.46091E-02	.00000	.00000	.00000
3	8.55494E-04	-2.36355E-03	-3.46218E-02	.00000	.00000	.00000
4	-3.38260E-03	-2.24411E-03	-3.26906E-02	.00000	.00000	.00000
5	-2.31020E-03	-2.10213E-03	2.14087E-02	.00000	.00000	.00000
6	-2.16901E-04	-2.22156E-03	2.33400E-02	.00000	.00000	.00000
7	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
8	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
9	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
10	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000

S O L U T I O N T I M E L O G I N S E C

FOR PROBLEM

TIME FOR INPUT PHASE	=	5
TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX=		3
TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX	=	1
TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS	=	5
T O T A L S O L U T I O N T I M E	=	14

STRESS EVALUATION FOR STATIC ANALYSIS

STRESS OUTPUT FOR ELEMENT GROUP 1 CASE NO. 1

ELEMENT NUMBER	FORCE COSMOSM	STRESS	FUERZA PASSFEM	FUERZA SAPIV
1	.169583E+01	.161971E+00		
2	-.236642E+02	-.226019E+01		
3	-.197792E+02	-.188914E+01		
4	.129662E+02	.123841E+01		
5	.188511E+02	.180947E+01		
6	-.595194E+02	-.512786E+01		
7	.373018E+02	.196016E+01		
8	-.563523E+02	-.296124E+01		
9	.404689E+02	.212658E+01		
10	.524916E-01	.249248E-02		
11	.608512E+00	.288942E-01		
12	-.986494E+01	-.468421E+00		
13	.487255E+01	.231365E+00		
14	-.147903E+02	-.702293E+00		
15	.109778E+02	.521264E+00		
16	-.165832E+02	-.787429E+00		
17	.918487E+01	.436128E+00		
18	-.200463E+02	-.951865E+00		
19	-.208435E+02	-.989720E+00		
20	.139316E+02	.661521E+00		
21	.131344E+02	.623667E+00		
22	.497104E+02	.118021E+01	.49707E+02	49.707
23	-.639781E+02	-.151895E+01	-.63973E+02	-63.973E+02
24	.425652E+02	.101057E+01	.42562E+02	.42562E+02
25	-.711233E+02	-.168859E+01	-.71117E+02	-.71117E+02

SOLUTION TIME LOG IN SEC FOR STRESS CALCULATIONS

READING GENERAL INFORMATION AND ELEMENT DATA . . . =	5
STRESS CALCULATION AND PRINTOUT =	2
UPDATING DATABASE =	1
TOTAL SOLUTION TIME =	8

B.2 Conducción de calor en un cilindro hueco.

PROBLEMA:

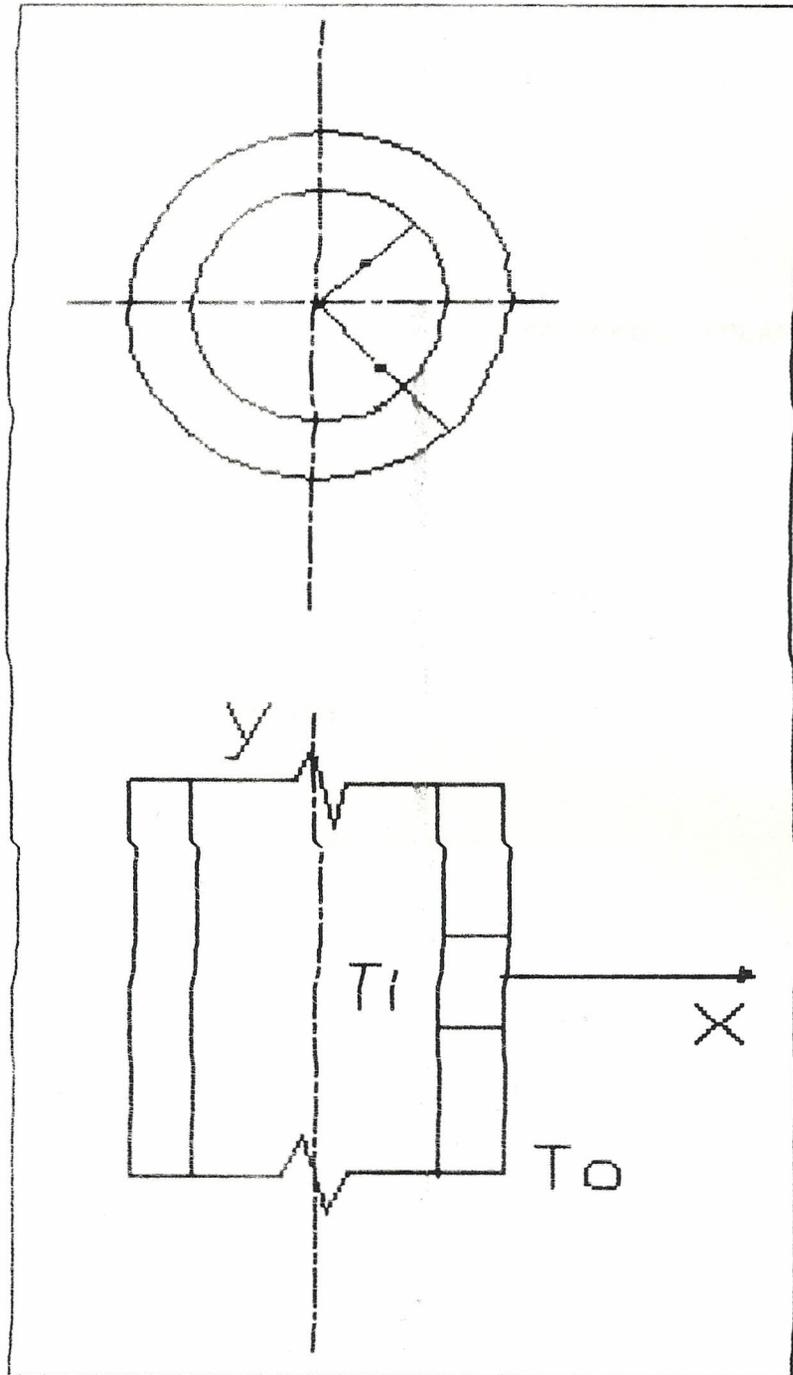


Fig. B.2.1 Esquema del problema a analizarse.

Un cilindro hueco largo, es sujeto a una temperatura interior de 100°F y a una temperatura exterior de superficie de 0°F . El cilindro es aislado para prevenir flujo de calor axial. El radio interior y exterior son 1 y 2 plg. respectivamente, ver figura B.2.1.

TIPO DE ELEMENTO:

Elemento axisimétrico sólido de cuatro nodos. (PLANE STRES: AXISYMETRIC).

PROPIEDADES:

Material: $KX = 100 \text{ BTU/sec.in.}^{\circ}\text{F}$ (conductividad térmica).

MODELO DE ELEMENTO FINITO:

* Generación geométrica del modelo:

PLANE,2,0,1,

VIEW,0,0,1,

PT,1,0,0,0,

PT,2,0,.5,0,

PT,3,1,0,0,

PT,4,1,.5,0,

SCALE,0,

CRLINE,1,1,2,

CRLINE,2,2,4,

CRLINE,3,4,3,

CRLINE,4,3,1,

```
SFZCR,1 2,4 0,
SFRELOC,1,1,1,0,1,0,0,
CRDEL,1,1,1,
CRCOMPRESS,1,5,1,
```

* Definición del tipo de elemento o usarse, propiedades del material y constantes reales:

```
EGROUP,1,PLANE2D,0,1,i,0,0,0,0,0,
MPROP,1,KX,100,
RCONST,1,1,1,1,1,
```

* Mallado de elementos finitos de la superficies
M_SF,1,1,1,4,10,1,1,1,

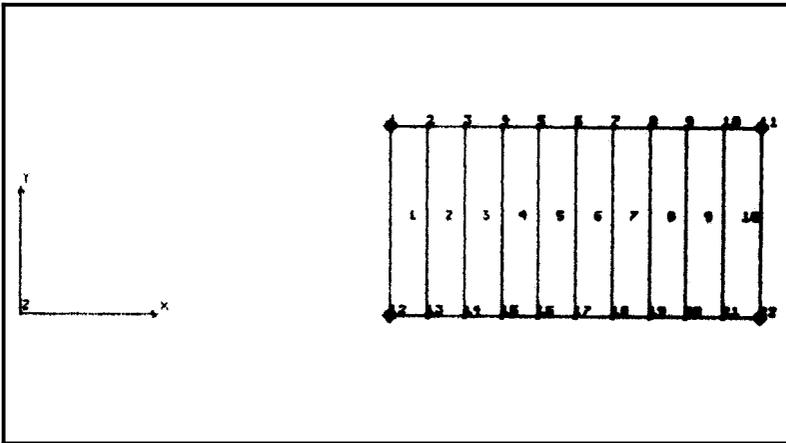


Fig. 8.2.2 Mallado del modelo y condiciones de frontera.

* Condiciones de frontera del elemento:

```
NTND,1,100,12,11,
NTND,11,0,22,11,
```

El análisis térmico se lo realizó en MODSTAR con el comando THERMAL (dentro del menú de EXECUTE).

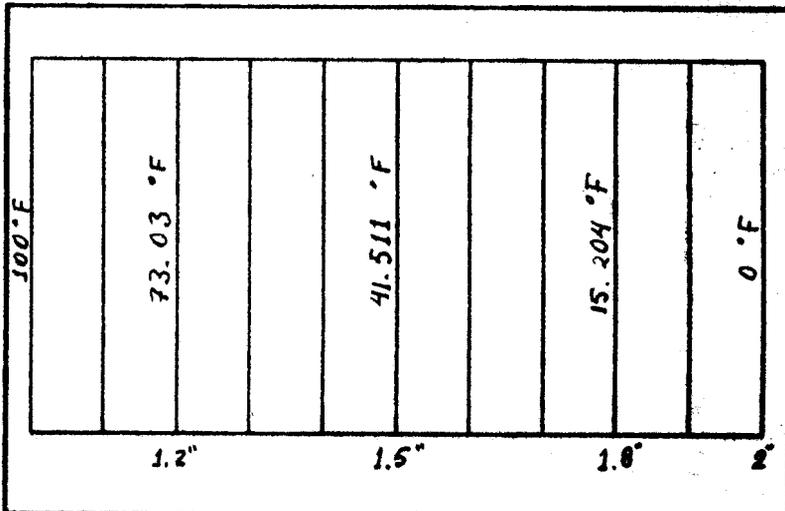


Fig. B.2.3 Líneas de isoterma en la dirección radial del cilindro.

RESULTADOS.

Structural Research and Analysis Corporation HSTAR 1.6

Total number of nodes	=	22
Total number of elements	=	10
Total number of words in stiffness matrix	=	73
Maximum half bandwidth	=	4
Total number of stiffness blocks	=	1

Type of analysis :Linear Steady State

Temperatures at time step = 1 (Time = 1.000)

Node	Temperature	Node	Temperature	Node	Temperature	Node	Temperature
1	100.00	2	86.254	3	73.703	4	62.156
5	51.465	6	41.511	7	32.199	8	23.451
9	15.204	10	7.4018	11	.00000	12	100.00
13	86.254	14	73.703	15	62.156	16	51.465
17	41.511	18	32.199	19	23.451	20	15.204
21	7.4018	22	.00000				

=====

SOLUTION TIME LOG

=====

Input phase	=	7.000	
Assemblage of matrices	=	2.000	
Calculation of effective heat flow vectors	=	.000	
Triangularization of conductivity matrix	=	.000	
Solution of equations	=	.000	
Miscellaneous calculations	=	1.000	
TOTAL SOLUTION TIME	=	10.000	Seconds

Comparación de la temperatura nodal a lo largo del radio del cilindro.

NODO	DIST. RADIAL	TEORIA	COSMOSM	NISA
1	1 plg	100°F	100°F	100°F
3	1.2	73.7	73.7	73.703
6	1.5	41.504	41.511	41.511
9	1.8	15.2	15.204	15.203
22	2.0	0	0	0

REFERENCIA:

1. J.P. Holman, "HEAT TRANSFER", McGraw-Hill Book Company, 5ta. edición (1963).

B.3 Análisis estático de una placa sometida a torque.

PROBLEMA :

Una placa empotrada en un extremo, es sometida en su extremo libre a cargas en sentido contrario, se determina la deflexión máxima en el extremo de la misma.

TIPO DE ELEMENTO:

Se utilizarán para el análisis elementos cascarón de tres nodos (SHELL3) delgados.

PROPIEDADES:

Material: EX = 1E7 psi. (Módulo de elasticidad)

NUXY = 0.25 (Razón de Poisson).

Geométrica: t = .05 plg (espesor).

MODELO DE ELEMENTOS FINITOS.

* Generación de la geometría:

PLANE,Z,0,1,

SCALE,0,

VIEW,0,0,1,

CRPCORD,1,0,0,0,6,0,0,6,1,0,0,1,0,0,0,0,

SF2CR,1,4,1,0,

SFDEL,1,1,1,

CRUNDEL,1,4,0

SF2CR,1,4,2,0,

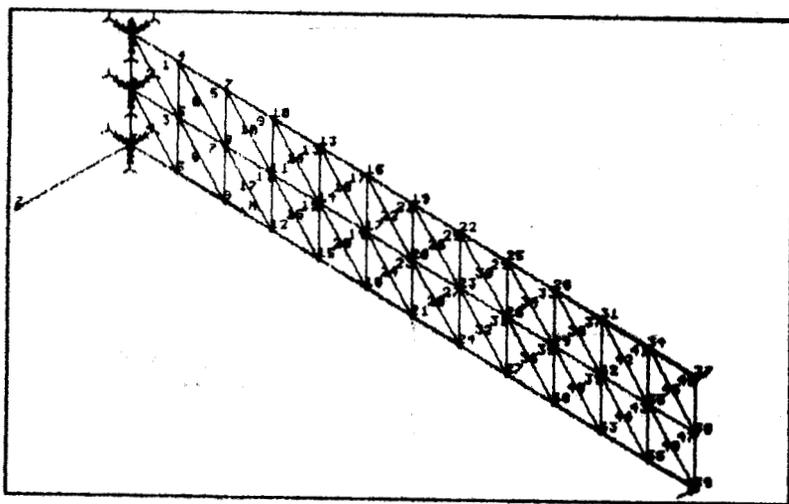


Fig. B.3.1 Geometría, mallado y condiciones de frontera del modelo.

* Definición del elemento a usarse para el análisis, propiedades del material y constantes reales:

EGROUP,1,SHELL3,0,0,0,0,0,0,0,0,0,

MPROP,1,EX,1E7,

MPROP,1,NUXY,.25,

RCONST,1,1,1,1,1,.05,

* Mallado de la superficie del modelo:

M_SF,1,1,1,3,2,12,1,1,

NMERGE,1,39,1,0.0001,0.1,0,

* Condiciones de frontera:

DND,1,ALL,0,3,1,

DND,37,FZ,1,37,1,

FND,39,FZ,-1,39.1,

VIEW,1,1,1,

Y Tipo de análisis a ejecutarse:

R_STATIC,

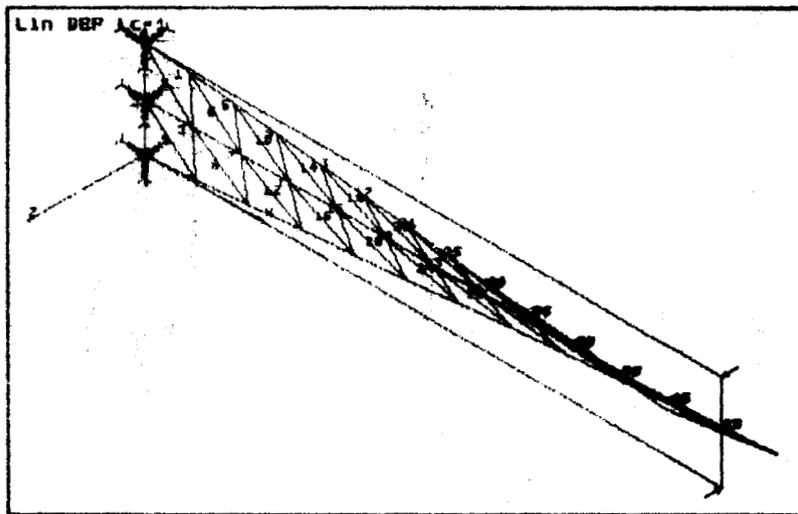


Fig. B.3.2 Deformada de la placa.

REFERENCIA:

1. L. Robinson, Element Evaluation, "A set of Assessment Points and Standard Test", Proc. F.E.M. in the Commercial Environment, Vol.1 p.p. 217-248 (1978).

RESULTADOS Y COMPARACION.

TITLE : Placa sometida a cargas en sentido opuesto y empotrada en un extremo.
 SUBTITLE : Analisis estatico.

CONTROL INFORMATION

NUMBER OF LOAD CASES (NLCASE)	=	1
SOLUTION MODE (MODEX)	=	0
EQ. 0, STATIC ANALYSIS		
EQ. 1, BUCKLING ANALYSIS		
EQ. 2, DYNAMIC ANALYSIS		
THERMAL LOADING FLAG (THERM)	=	0
EQ. 0, NO THERMAL EFFECTS CONSIDERED		
EQ. 1, ADD TEMPERATURE EFFECT		
GRAVITY LOADING FLAG (IGRAV)	=	0
EQ. 0, NO GRAVITY LOADING CONSIDERED		
EQ. 1, ADD GRAVITY LOADING EFFECT		
CENTRIFUGAL LOADING FLAG (ICNTRF)	=	0
EQ. 0, NO CENTRIFUGAL LOADING CONSIDERED		
EQ. 1, ADD CENTRIFUGAL LOADING EFFECT		
IN-PLANE STIFFENING FLAG (INPLN)	=	0
EQ. 0, NO IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED		
EQ. 1, IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED		
SOFT SPRING ADDITION FLAG (ISOFT)	=	0
EQ. 0, NO SOFT SPRING OPTION		
EQ. 1, SOFT SPRING ADDED		
SAVE DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX FLAG . . . (ISAVK)	=	0
EQ. 0, DO NOT SAVE DECOMPOSED K		
EQ. 1, SAVE DECOMPOSED K		
FORM STIFFNESS MATRIX FLAG (IFORMK)	=	0
EQ. 0, FORM STIFFNESS MATRIX		
EQ. 1, USE EXIST DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX		

TOTAL SYSTEM DATA

NUMBER OF EQUATIONS (NEQ) = 216
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS (NWK) = 4356
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH (MK) = 24
 MEAN HALF BANDWIDTH (MM) = 20
 NUMBER OF ELEMENTS (NUME) = 4b
 NUMBER OF NODAL POINTS (NUMNP)= 39
 SIZE OF EACH BLOCK (MTBLK)= 3281
 NUMBER OF BLOCKS (NBLK) = 2

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .146667E+07
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .149306E+03

LOAD CASE NUMBER = 1

TOTAL STRAIN ENERGY = .172230E-01

DISPLACEMENTS

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
1	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
2	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
3	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
4	.00000	.00000	7.59180E-04	1.45881E-03	-2.49145E-03	.00000
5	.00000	.00000	-6.57344E-05	1.78353E-03	-7.33868E-05	.00000
6	.00000	.00000	-9.46262E-04	1.83782E-03	2.54347E-03	.00000
7	.00000	.00000	2.15917E-03	4.39205E-03	-2.97988E-03	.00000
8	.00000	.00000	-6.15332E-05	4.52808E-03	-5.38512E-05	.00000
9	.00000	.00000	-2.33049E-03	4.54019E-03	2.86104E-03	.00000
10	.00000	.00000	3.67709E-03	7.41983E-03	-3.06531E-03	.00000
11	.00000	.00000	-3.90410E-05	7.46004E-03	-6.20127E-05	.00000

12	.00000	.000000	-3.77678E-03	7.48355E-03	2.90933E-03	.000000
13	.00000	.000000	5.21371E-03	1.04378E-02	-3.07664E-03	.000000
14	.00000	.000000	-6.67328E-03	1.04489E-02	-7.08859E-05	.000000
15	.00000	.000000	-5.23448E-03	1.04611E-02	2.91717E-03	.000000
16	.00000	.000000	6.75241E-03	1.3443E-02	-3.07755E-03	.000000
17	.00000	.000000	3.00237E-05	1.34468E-02	-7.55248E-05	.000000
18	.00000	.000000	-6.69443E-03	1.34510E-02	2.91997E-03	.000000
19	.00000	.000000	8.29123E-03	1.64457E-02	-3.07769E-03	.000000
20	.00000	.000000	6.83216E-05	1.64462E-02	-7.52721E-05	.000000
21	.00000	.000000	-8.15508E-03	1.64474E-02	2.92133E-03	.000000
22	.00000	.000000	9.83011E-03	1.94460E-02	-3.07780E-03	.000000
23	.00000	.000000	1.07107E-04	1.94461E-02	-7.77519E-05	.000000
24	.00000	.000000	-9.61600E-03	1.94464E-02	2.92187E-03	.000000
25	.00000	.000000	1.13690E-02	2.24460E-02	-3.07786E-03	.000000
26	.00000	.000000	1.46018E-04	2.24460E-02	-7.78666E-05	.000000
27	.00000	.000000	1.10770E-02	2.24461E-02	2.92204E-03	.000000
28	.00000	.000000	1.29080E-02	2.54460E-02	-3.07789E-03	.000000
29	.00000	.000000	1.84958E-04	2.54460E-02	-7.78903E-05	.000000
30	.00000	.000000	-1.25381E-02	2.54460E-02	2.92209E-03	.000000
31	.00000	.000000	1.44469E-02	2.84460E-02	-3.07789E-03	.000000
32	.00000	.000000	2.23904E-04	2.84460E-02	-7.78946E-05	.000000
33	.00000	.000000	-1.39991E-02	2.84460E-02	2.92210E-03	.000000
34	.00000	.000000	1.59859E-02	3.14460E-02	-3.07789E-03	.000000
35	.00000	.000000	2.62852E-04	3.14460E-02	-7.78955E-05	.000000
36	.00000	.000000	-1.54602E-02	3.14460E-02	2.92210E-03	.000000
37	.00000	.000000	1.75248E-02	3.44460E-02	-3.07790E-03	.000000
38	.00000	.000000	3.01799E-04	3.44460E-02	-7.78957E-05	.000000
39	.00000	.000000	-1.69212E-02	3.44460E-02	2.92210E-03	.000000

El valor teórico en el nodo 39 es -1.68E-02.

```
SOLUTION TIME IN
FOR PROBLEM
TIME FOR INPUT PHASE . . . . . = 7
TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX = 12
TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX . . . . . = 6
TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS . . . . . = 10
TOTAL SOLUTION TIME . . . . . = 35
```

B.4 Análisis de pandeo de una placa.

PROBLEMA:

Una placa cuadrada, como se muestra en la figura, está empotrada, o lo largo de sus cuatro filos y comprimida por una carga uniformemente distribuida de 1.0 lb. actuando a lo largo de dos lados opuestos. El factor de carga de pandeo será determinada.

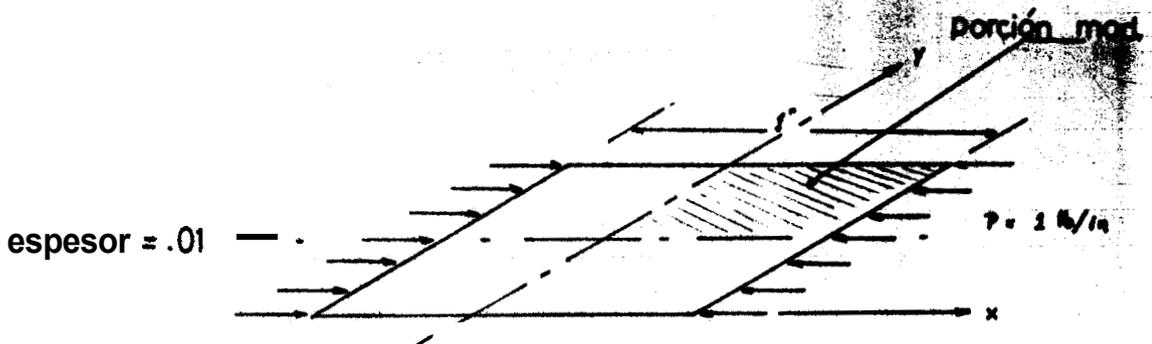


Fig. B.4.1 Definición del problema.

TIPO DE ELEMENTO:

Elementos cascarón delgados en tres dimensiones de cuatro nodos se utilizarán en el modelo.

PROPIEDADES:

Material; $E_X = 11.064E6 \text{ psi}$. (Módulo de elasticidad).

$\nu_{XY} = 0.3$ (Razón de Poisson).

MODELO DE ELEMENTOS FINITOS:

Debido a la simetría sólo una cuarta parte de la placa es

modelada, con una malla de 4x4 usando elementos cascarón delgados en tres dimensiones.

* Generación de la geometría del modelo:

```

VIEW,0,0,1,
PLANE,Z,0,1,
SCALE,0,
CRPCORD,1,0,0,0,1,0,0,1,1,0,0,1,0,0,0,0,
CRPCORD,5,0,5,1,0,0,5,0,5,0,1,0,5,0,1,0,5,0,
CRBRK,3,3,1,2,0,
CRBRK,2,2,1,2,0,
SF2CR,1,5,8,0,

```

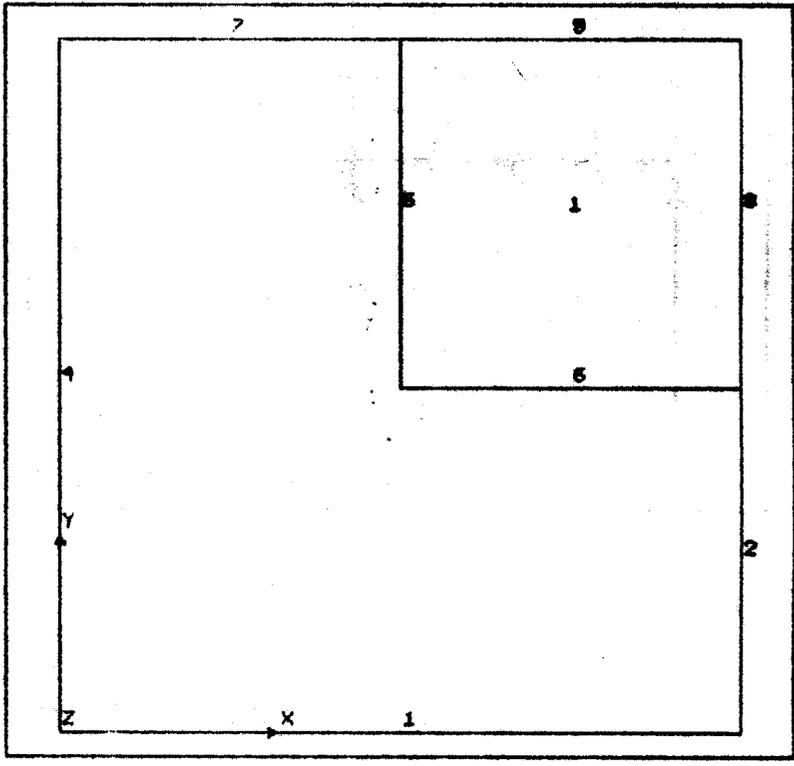


Fig. B.4.2 Geometría del modelo.

* Definición del tipo de elemento a usarse en el análisis,
propiedades del material y constantes reales:

EGROUP,1,SHELL4,1,0,0,0,0,0,0,0,

MPROP,1,EX,11.064E6,

MPROP,1,NUXY,.3,

RCONST,1,1,1,1,.01,

* Mallado de elementos finitos de la superficie:

M_SF,1,1,1,4,4,4,1,1,

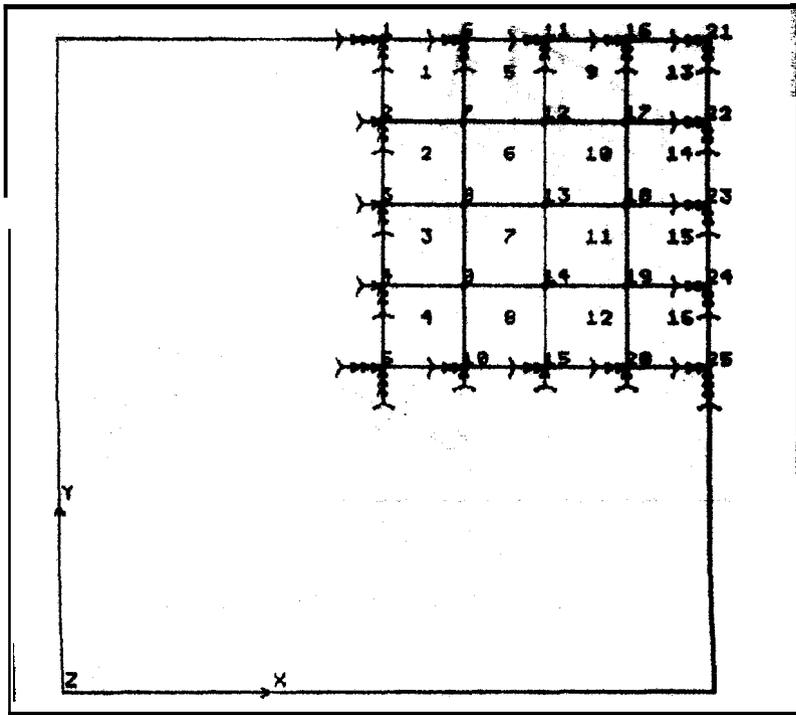


Fig. B.4.3 Mallado del modelo.

* Condiciones de frontera:

DND,5,UY,0,25,5,RX,,

DND,1,UX,0,5,1,RY,,

```
DND,1,UZ,0,21,5,RX,RY,,
DND,21,UZ,0,25,1,RX,RY,,
DND,1,RZ,0,25,1,,
FND,21,FX,-.0625,22,1,
FND,23,FX,-.125,25,1,
```

* Tipo de análisis a ejecutarse:

```
A_BUCKLING,1,I,16,0,0,0,1e-005,0,1e-006,0,
```

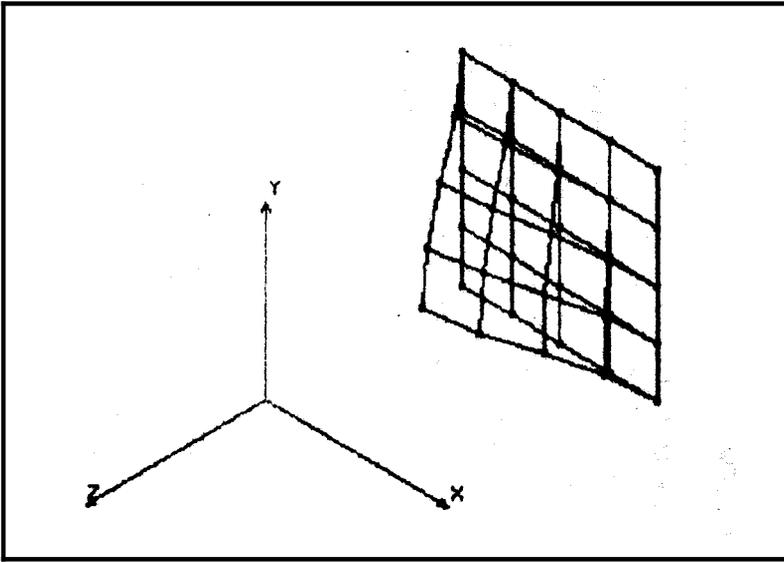


Fig. B.4.4 Deformada de la placa.

RESULTADOS Y COMPARACIONES

TITLE : Pandeo de una placa empotrada y comprimida uniaxialmente.
 SUBTITLE : Analisis de pandeo.

```

CONTROL INFORMATION
NUMBER OF LOAD CASES . . . . . (NLCASE) = 1
SOLUTION MODE . . . . . (MODEX) = 1
  EQ. 0, STATIC ANALYSIS
  EQ. 1, BUCKLING ANALYSIS
  EQ. 2, DYNAMIC ANALYSIS
THERMAL LOADING FLAG . . . . . (ITHERM) = 0
  EQ. 0, NO THERMAL EFFECTS CONSIDERED
  EQ. 1, ADD TEMPERATURE EFFECT
GRAVITY LOADING FLAG . . . . . (<GRAV) = 0
  EQ. 0, NO GRAVITY LOADING CONSIDERED
  EQ. 1, ADD GRAVITY LOADING EFFECT
CENTRIFUGAL LOADING FLAG . . . . . (ICNTRF) = 0
  EQ. 0, NO CENTRIFUGAL LOADING CONSIDERED
  EQ. 1, ADD CENTRIFUGAL LOADING EFFECT
IN-PLANE STIFFENING FLAG . . . . . (<INPLN) = 0
  EQ. 0, NO IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
  EQ. 1, IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
SOFT SPRING ADDITION FLAG . . . . . (ISOFT) = 0
  EQ. 0, NO SOFT SPRING OPTION
  EQ. 1, SOFT SPRING ADDED

SAVE DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX FLAG . . . (<SAVK) = 0
  EQ. 0, DO NOT SAVE DECOMPOSED K
  EQ. 1, SAVE DECOMPOSED K
FORM STIFFNESS MATRIX FLAG . . . . . (IFORMK) = 0
  
```

EQ. 3, FORM STIFFNESS MATRIX

EQ. 1, USE EXIST DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX

TOTAL SYSTEM DATA

NUMBER OF EQUATIONS	(NEQ) =	80
NUMBER OF MATRIX ELEMENTS	(NWK) =	1681
MAXIMUM HALF BANDWIDTH	(MK) =	30
MEAN HALF BANDWIDTH	(MM) =	21
NUMBER OF ELEMENTS	(NUME) =	16
NUMBER OF NODAL POINTS	(NUMNP) =	25
SIZE OF EACH BLOCK	(MTBLK) =	3417
NUMBER OF BLOCKS	(NBLK) =	1

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .328273E+06

MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .347016E+01

SOLUTION PARAMETERS

NUMBER OF EIGENVALUES	(NFR) =	1
MODE SHAPE PRINT FLAG	(MPRNT) =	1
INTERMEDIATE SOLUTION PRINT FLAG	(IFPR) =	0
STURM SEQUENCE CHECK FLAG	(IFSS) =	0
MAXIMUM NUMBER OF ITERATIONS	(ITMAX) =	16
FREQUENCY SHIFT FLAG	(IFRSH) =	0
FREQUENCY SHIFT	(FRSH) =	.0000000E+00
CONVERGENCE TOLERANCE	(RTOL) =	.1000000E-04

INVERSE POWER METHOD

EIGENVALUE AFTER	1th ITERATION :	.227635E+03
EIGENVALUE AFTER	2th ITERATION :	.110673E+03
EIGENVALUE AFTER	3th ITERATION :	.981315E+02

EIGENVALUE AFTER 4th ITERATION : .954581E+02
 EIGENVALUE AFTER 5th ITERATION : .955987E+02
 EIGENVALUE AFTER 6th ITERATION : .954918E+02
 EIGENVALUE AFTER 7th ITERATION : .954662E+02
 EIGENVALUE AFTER 8th ITERATION : .954600E+02
 EIGENVALUE AFTER 9th ITERATION : .954585E+02
 EIGENVALUE AFTER 10th ITERATION : .954581E+02

BUCKLING EIGENVALUE(S)

INVERSE λ P METHOD

EIGENVALUE NUMBER	EIGENVALUE	THEORY	NSA
1	.9545811E+02	100.7	101.2

MODE SHAPE NO. 1

NODE ROTATION	X-DISPLACEMENT Z - ROTATION	Y-DISPLACEMENT	Z-DISPLACEMENT	X - ROTATION	Y -
1	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	
2	.0000000E+00	.0000000E+00	.2638232E+00	-.3513611E+01	
3	.0000000E+00	.0000000E+00	.7686076E+00	-.3965835E+01	
4	.0000000E+00	.0000000E+00	.1193363E+01	-.2491099E+01	

.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.1357179E+01	.0000000E+00
5	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
6	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.2199255E+00	-.2913241E+01
7	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.7452919E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.6346334E+00	-.3301085E+01
8	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.1964761E+01	.0000000E+00	.0000000E+00	.9865508E+00	-.2062200E+01
9	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.3026781E+01	.0000000E+00	.0000000E+00	.1121502E+01	.0000000E+00
10	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.7450877E+01	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
11	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.1113576E+00	-.1553627E+01
12	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.9161353E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.3338447E+00	-.1789476E+01
13	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.2470015E+01	.0000000E+00	.0000000E+00	.5198589E+00	-.1079688E+01
14	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.3829234E+01	.0000000E+00	.0000000E+00	.5879672E+00	.0000000E+00
15	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.4380127E+01	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
16	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.2299423E-01	-.3992000E+00
17	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.4672141E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.7914005E-01	-.4731833E+00
18	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.1373773E+01	.0000000E+00	.0000000E+00	.1222657E+00	-.2335326E+00
19	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.2135859E+01	.0000000E+00	.0000000E+00	.1326182E+00	.0000000E+00
20	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.2410403E+01	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
21	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00

.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
22	.0000000E+00	0000000E+00	.0000000E+00	0000000E+00
.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
23	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
24	.0000000E+00	0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
25	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
0000000E+00	.0000000E+00			

SOLUTION TIME LOG

INPUT PHASE	17
ASSEMBLAGE OF THE STIFFNESS MATRIX	12
ASSEMBLAGE OF THE MASS MATRIX	1
DECOMPOSITION OF THE STIFFNESS MATRIX	2
EIGENVALUE SOLUTION	13
OUTPUT PHASE	4
TOTAL SOLUTION TIME	49

REFERENCIA:

1. A. Chajes, "Principles of Structural Stability Theory", Prentice Hall Inc., N.J., (1974).

B.5 Análisis térmico de una placa con generación de calor.

PROBLEMA :

Una placa infinita de espesor 0.5 plg. es rodeada por un fluido (sobre sus superficies), la cual está a 150°F y tiene un coeficiente de convección en la superficie de 13.969738 BTU/hr ft² °F. La placa está generando calor a razón de 100000 BTU/hr ft³.

TIPO DE ELEMENTOS:

Elementos barra de tres dimensiones,

Elementos eslabón de convección de tres dimensiones.

PROPIEDADES:

Materia :

$KX = 25 \text{ BTU/hr ft } ^\circ\text{F}$ (conductividad térmica de la placa).

Geométrica:

Para elementos barra: Área de sección transversal = 1 Ft².

Para elementos de convección: Área de convección = 1 Ft²;

coeficiente de película de convección = 33.969738 BTU/hr ft² °F.

MODELO DE ELEMENTO FINITO:

Debido a la simetría sólo una mitad de la placa es modelada. La placa es modelada con 4 elementos barra 3D con un área de sección transversal de la unidad. La convección de talar al ambiente es simulada por elementos eslabón de convección. La condición adiabática es empuesta al nodo 1 y el nodo 6 está a una ubicación arbitraria con una temperatura específica de 150°F.

* Generación de la geometría del modelo:

PLANE,Z,0,1,
VIEW,0,0,1,
CRPCORD,1,0,0,0,.25,0,0,.25,0,0,
CRZCORD,2,.25,0,0,.4,0,0,
CRRESIZ,1,2,1,0,1/12,1,1,0,0,0,
SCALE.0.

* Definición del tipo de elemento, propiedades del material y constantes reales:

EGROUP,1,BEAM3D,0,0,0,0,0,0,0,0,
EGROUP,2,CLINK,0,0,0,0,0,0,0,0,
MPROP,1,KX,25,
MPROP,2,HC,13,969738,
RCONST,1,1,1,10,1,1,1,1,000000,000000,1,0,0,
RCONST,2,2,1,1,1,

* Mallado del modelo:

M_CR,1,1,1,3,4,1,5,
M_CR,2,2,1,2,1,1,
NMERGE,1,8,1,0.0001,0,1,0,
NCOMPRESS,1,8,1,

* Definición de propiedades de un elemento de convección:

EPROPCHANGE,1,4,1,EG,,16,
EPROPCHANGE,1,4,1,RC,1,16,
EPROPCHANGE,5,5,1,MP,,16,

CEL,5,13.969738,150,2,5,1,

* Condiuunos de frontera:

NTND,8,150,8,1,

GEL,1,100000,4,1,

NTND,8,150,8,1,

GEL,1,100000,4,1,

HFND,1,0,1,1,

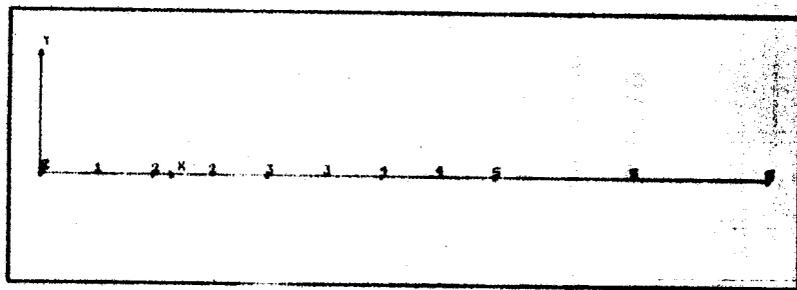


Fig. B.5.1 Modelo utilizado para el análisis.

* Traslada del archivo editado desde GEOSTAR a MODSTAR, con el comando MODINPUT (dentro del menú FEM_INPUT).

* Ejecución del análisis térmico dentro de MODSTAR.

RESULTADOS

Structural Research and Analysis Corporation HSTAR 1.6 7/26/1992 Page 1

Total number of nodes = 6
Total number of elements = 4
Total number of words in stiffness matrix = 11
Maximum half bandwidth = 2
Total number of stiffness blocks = 1

Type of analysis :Linear Steady State

Temperatures at time step = 1 (Time = 1.000)

Node	Temperature	Node	Temperature	Node	Temperature	Node	Temperature
1	300.00	2	299.95	3	299.78	4	299.51
5	299.13	6	150.00				

=====

S O L U T I O N T I M E L O G

=====

Input phase	=	57.000	
Assemblage of matrices		2.000	
Calculation of effective heat flow vectors	=	.000	
Triangularization of conductivity matrix	=	.000	
Solution of equations	=	.000	
Miscellaneous calculations	=	6.000	
T O T A L S O L U T I O N T I M E	=	65.000	Seconds

COMPARACION DE RESULTADOS.

Temperaturas al centro de la placa:

NISA 300°F

COSMOSM 299.78°F

REFERENCIA:

1. F. Kreith, "Principles of Heat Transfer", International Textbook Co 2da. edición, 1959.

B.6 FRECUENCIA NATURAL DE UN CASCARON CILINDRICO CON UN DIAFRAGMA RIGIDO.

PROBLEMA:

Las cinco primeras frecuencias naturales y los correspondientes formas de modo de un cascarón cilíndrico con un diafragma rígido serán evaluados.

TIPO DE ELEMENTO:

Elementos cascarón delgados en tres dimensiones de cuatro nodos son usados.

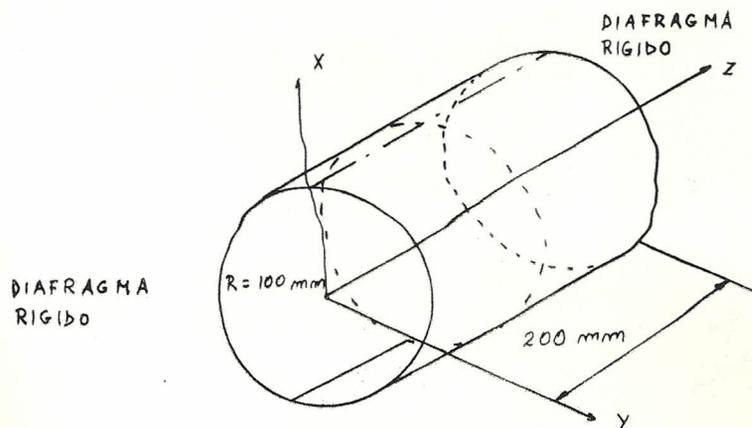


Fig. B.6.1 Definición del problema.

PROPIEDADES:

Material: $E_X = 20.6E7 \text{ N/mm}^2$

$\nu_{UXY} = 0.3$

$DENS = 7.85E-4 \text{ N-sec}^2/\text{mm}^4$

Geometria: $t = 2 \text{ mm}$ (espesor).

MODELO DE ELEMENTO FINITO:

Una cuarta parte del cascarón cilíndrico es modelado tomando ventaja de la simetría. Para el análisis se emplea

el método de subespacio y una formulación de matriz de masas puntuales es usada para extraer los valores EIGEN.

Comandos:

```

PLANE,Z,0,1,
PT,1,100,0,0,
PT,2,0,0,0,
CRPCIRCLE,1,2,1,100,180,2,
SCALE,0,
SFEXTR,1,2,1,Z,100,

```

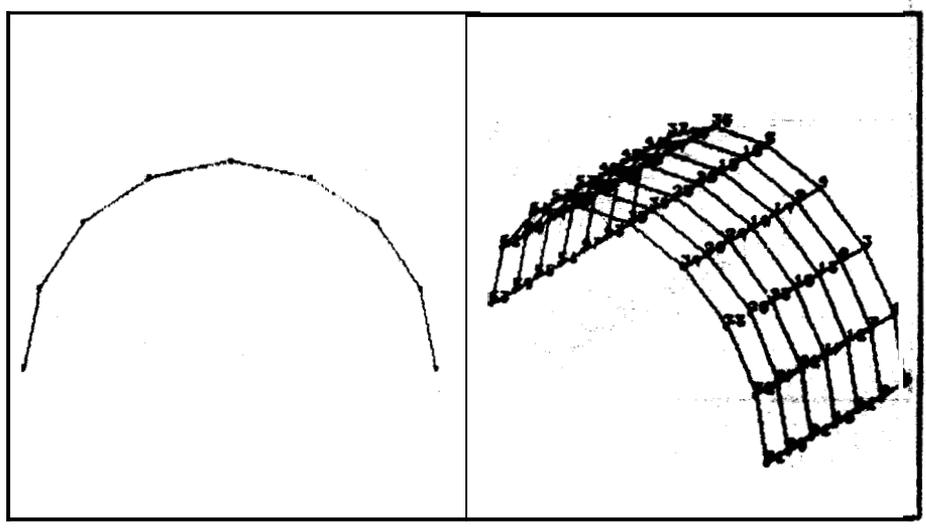


Fig. B.6.2 Geometria del modelo en dos vistas.

```

EGROUP,1,SHELL4,1,1,0,0,0,0,0,0,
MPROP,1,EX,20.6E7,
MPROP,1,NUXY,.3,
RCONST,1,1,1,1,2,
M_SF,1,2,1,4,4,6,1,1,
MPROP,1,EY,20.6E7,

```

```

MPROP,1,DENS,7.85E-04,
ENMERGE,1,63,1,0.0001,0,1,0,
ANCOMPRESS,1,63,1,
DCR,7,UY,0,4,3,RZ,RX,,
DCR,3,UZ,0,6,3,RX,RY,,
DCR,1,UX,0,2,1,UY,,

```

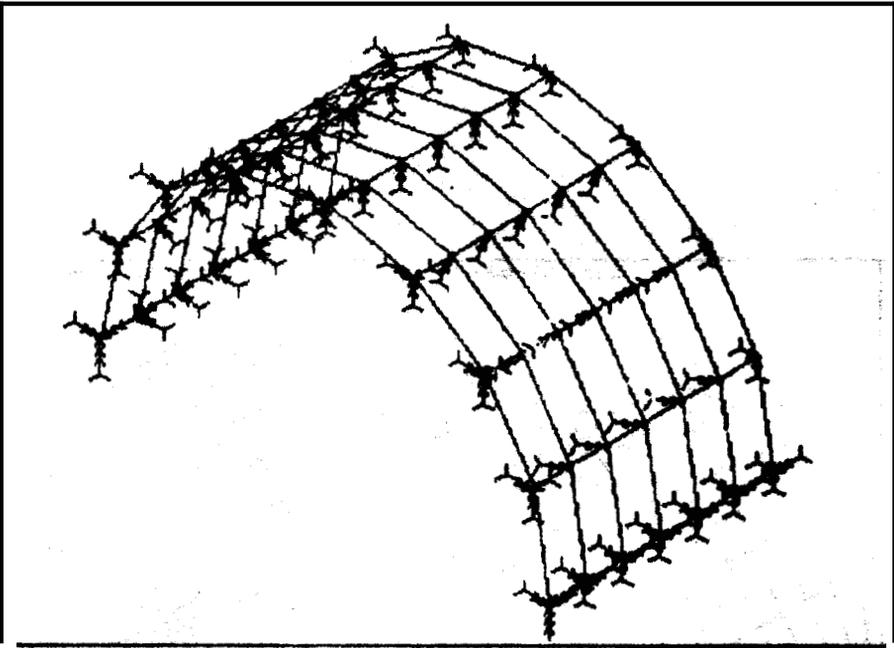


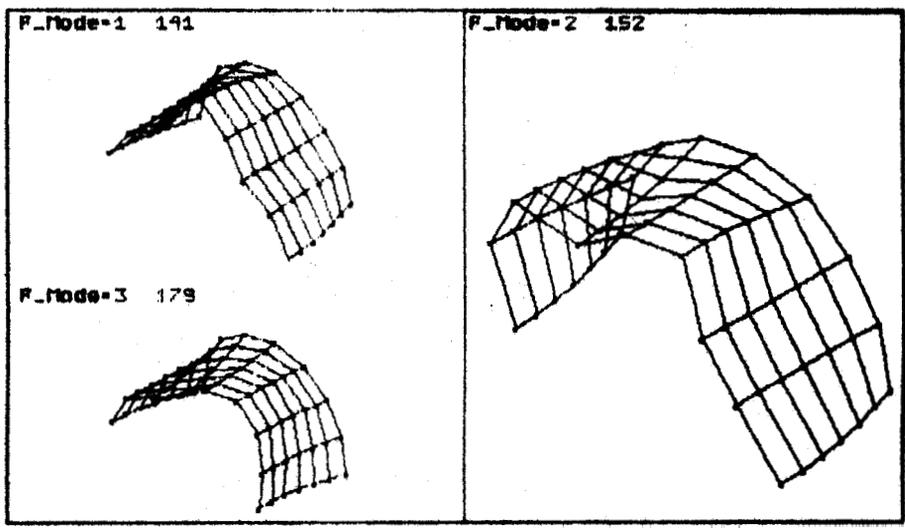
Fig. B.6.3 Malla de elementos finitos y condiciones de frontera.

```

VIEW,0,0,1,
CLS,1,
VIEW,1,1,1,
CSYS,3,1,2,1,3,
DND,1,RX,0,63,1,,
DCR,7,UY,0,4,3,RZ,,
ACTSET,CS,0,

```

```
DCR,1,UX,0,2,1,UY,,  
DCR,3,UZ,0.6,3,RX,RY,,  
ACTSET,CS,3,  
A_FREQUENCY,5,S,16,1,0,0,0,1e-005,0,1e-006,0,0,0,  
DCDEL,1,RX,2,1,,  
VIEW,1,1,1,  
A_FREQUENCY,5,S,16,0,0,0,0,1e-005,0,1e-006,0,0,0,  
R_FREQUENCY
```



Fig, B.6.4 Deformada para las tres primeras frecuencias.

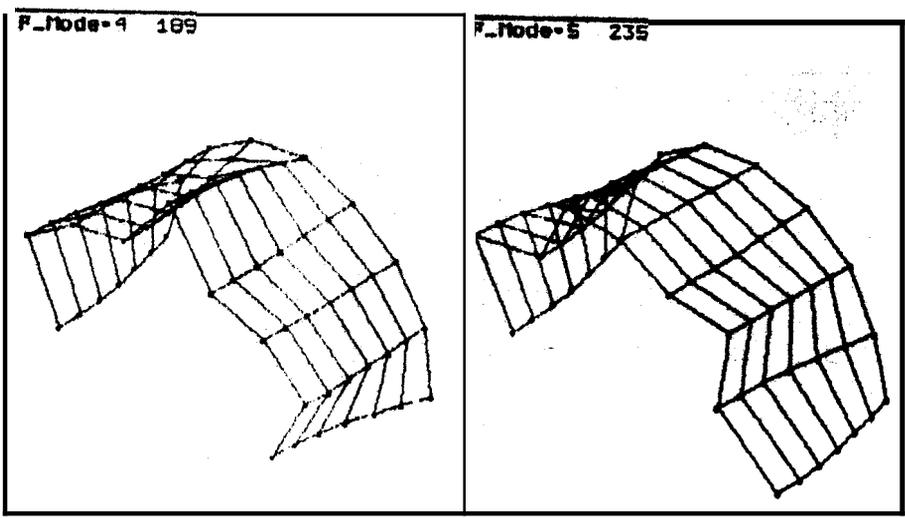


Fig. B.6.5 Deformada para la 4ta. y 5ta frecuencias.

RESULTADOS Y COMPARACION.

TITLE : Analisis de frecuencia.

SUBTITLE : Modos de forma y valores de frecuencia de un cascarón cilindrico.

```

CONTROL INFORMATION
NUMBER OF LOAD CASES . . . . . (NLCASE) = 1
SOLUTION MODE . . . . . (MODEX) = 2
  EQ. 0, STATIC ANALYSIS
  EQ. 1, BUCKLING ANALYSIS
  EQ. 2, DYNAMIC ANALYSIS
THERMAL LOADING FLAG . . . . . (ITHERM) = 0
  EQ. 0, NO THERMAL EFFECTS CONSIDERED
  EQ. 1, ADD TEMPERATURE EFFECT
GRAVITY LOADING FLAG . . . . . (IGRAV) = 0
  EQ. 0, NO GRAVITY LOADING CONSIDERED
  EQ. 1, ADD GRAVITY LOADING EFFECT
CENTRIFUGAL LOADING FLAG . . . . . (ICNTRF) = 0
  EQ. 0, NO CENTRIFUGAL LOADING CONSIDERED
  EQ. 1, ADD CENTRIFUGAL LOADING EFFECT
IN-PLANE STIFFENING FLAG . . . . . (INPLN) = 0
  EQ. 0, NO IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
  EQ. 1, IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
SOFT SPRING ADDITION FLAG . . . . . (ISOFT) = 0
  EQ. 0, NO SOFT SPRING OPTION
  EQ. 1, SOFT SPRING ADDED
SAVE DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX FLAG . . . (ISAVK) = 0
  EQ. 0, DO NOT SAVE DECOMPOSED K
  EQ. 1, SAVE DECOMPOSED K
FORM STIFFNESS MATRIX FLAG . . . . . (IFORMK) = 0
  EQ. 0, FORM STIFFNESS MATRIX
  EQ. 1, USE EXIST DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX
    
```

TOTAL SYSTEM DATA

NUMBER OF EQUATIONS (NEQ) = 327
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS (NWK) = 13823
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH (MK) = 64
 MEAN HALF BANDWIDTH (MM) = 42
 NUMBER OF ELEMENTS (NUME) = 48
 NUMBER OF NODAL POINTS (NUMNP) = 63
 SIZE OF EACH BLOCK (NBLK) = 3170
 NUMBER OF BLOCKS (NBLK) = 5

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .121295E+12
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .159039E+08

 MASS MOMENT INFORMATION

WEIGHT .000000E+00 ; MASS .490128E+02 ; VOLUME .624365E+05

MASS MOMENT OF INERTIA W.R.T. C.G.

IX .832896E+05 ; IY .276914E+06 ; IZ .280029E+06

MASS PRODUCT OF INERTIA W.R.T. C.G.

PXY -.163007E-01 ; PXZ -.327696E-01 ; PYZ .230522E+00

RADII OF GYRATION W.R.T. C.G.

RX .412231E+02 ; RY .751654E+02 ; RZ .755869E+02

CENTER OF GRAVITY

CGx	-.304867E-06	CGy	.628529E+02	CGz	.499999E+02
PRINCIPAL MASS MOMENT OF INERTIA					
P1	.280029E+06	P2	.276914E+06	P3	.832896E+05
PRINCIPAL RADII OF GYRATION					
R1	.755869E+02	R2	.751654E+02	R3	.412231E+02
PRINCIPAL AXES (DIRECTION COSINES IN ROWS W.R.T C.G)					
N_11	-.166358E-06	N_12	.740073E-04	N_13	-.100000E+01
N_21	.198971E+00	N_22	.980005E+00	N_23	.704489E-04
N_31	.980005E+00	N_32	-.198971E+00	N_33	-.148885E-04

SOLUTION PARAMETERS

NUMBER OF EIGENVALUES.	(NFR)=	5
MASS TYPE: 1-LUMPED,2-CONSISTENT.	(MASS)=	1
MODE SHAPE PRINT FLAG.	(MPRNT)=	0
INTERMEDIATE SOLUTION PRINT FLAG	(IFPR)=	0
STURM SEQUENCE CHECK FLAG.	(IFSS)=	0
MAXIMUM NUMBER OF ITERATIONS	(ITMAX)=	16
FREQUENCY SHIFT FLAG	(IFRSH)=	0
FREQUENCY SHIFT.	(FRSH)=	.0000000E+00
CONVERGENCE TOLERANCE.	(RTOL)=	.1000000E-04

S U B S P A C E I T E R A T I O N

ITERATION	NUMBER	1
ITERATION	NUMBER	2
ITERATION	NUMBER	3
ITERATION	NUMBER	4
ITERATION	NUMBER	5
ITERATION	NUMBER	6
ITERATION	NUMBER	7
ITERATION	NUMBER	8
ITERATION	NUMBER	9

CONVERGENCE REACHED FOR RTOL .1000E-04

F R E Q U E N C Y A N A L Y S I S
by
S U B S P A C E A L G O R I T H M

FREQUENCY NUMBER	FREQUENCY (RAD/SEC)	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SECONDS)	TEORIA (CICLOS/SEG)
1	.8854013E+03	.1409160E+03	.7096426E-02	104.25
2	.9553519E+03	.1520490E+03	.6576828E-02	146.48
3	.1125433E+04	.1791182E+03	.5582905E-02	172.59
4	.1188553E+04	.1888887E+03	.5299792E-02	189.24
5	.1427943E+04	.2352219E+03	.4251305E-02	263.67

S O L U T I O N T I M E L O G

INPUT PHASE	63
ASSEMBLAGE OF THE STIFFNESS MATRIX	46
ASSEMBLAGE OF THE MASS MATRIX	7
DECOMPOSITION OF THE STIFFNESS MATRIX	20
EIGENVALUE SOLUTION	506
OUTPUT PHASE	7
TOTAL SOLUTION TIME	649

REFERENCId:

1. W.Sidel. "Vibrations of Shells and Plates , Marcel Dekker Inc. (1981).

B.7 ANALISIS DE FRECUENCIA DE UNA PLACA TRIANGULAR EMPOTRADA.

PROBLEMA :

La frecuencia fundamental de una placa triangular empotrada en su extremo ancho, será computada.

TIPO DE ELEMENTO:

Elemento cascarón de ocho nodos.

PROPIEDADES:

Material: $E_c = 30 \times 10^6$ psi (Módulo de elasticidad).

$\nu_c = 0$, (Razón de Poisson).

DENS = 7.8×10^{-4} lbs.sec²/in⁴. (Densidad).

MODELO DE ELEMENTO FINITO:

La placa es modelada usando elementos cascarón con ocho nodos, todos los seis grados de libertad de los nodos a lo largo de $X = 0$.

Comandos:

PLANE, 7, 0, 1,

VIEW, 0, 0, 1,

SCALE, 0,

CRPCORD, 1, 0, 0, 0, 16, 2, 0, 0, 4, 0, 0, 0, 0,

CRBRK, 3, 3, 1, 2, 0,

CRBRK, 2, 1, 1, 2, 0,

CRPCORD, 7, 8, 3, 0, 8, 3, 1, 8, 3, 0,

```

PT,7,7,2,0,
CRLINE,8,7,6,
CRLINE,9,7,5,
CRLINE,10,4,7,
SF4CR,1,10,4,1,9,0,
SF4CR,2,3,10,8,6,0,
SF4CR,3,5,2,8,9,0,

```

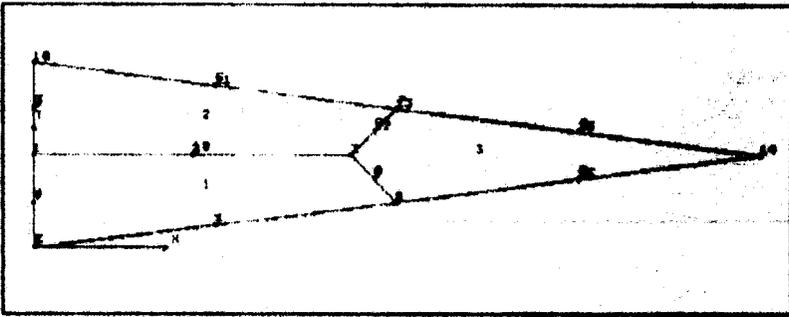


Fig. B.7.1 Geometria de la placa triangular,

```

EGROUP,1,SHELL,4,1,a,0,0,0,0,0,0,
MPROP,1,EX,30E6,
MPROP,1,EY,30E6,
MPROP,1,NUXY,.3,
MPROP,1,DENS,7.28E-4,
RCONST,1,1,1,1,1,1,
M_SF,1,3,1,8,1,1,1,1,
NMERGE,1,24,1,0.0001,0,1,0,
NCOMPRESS,1,20,1,
DCR,3,ALL,0,4,1,

```

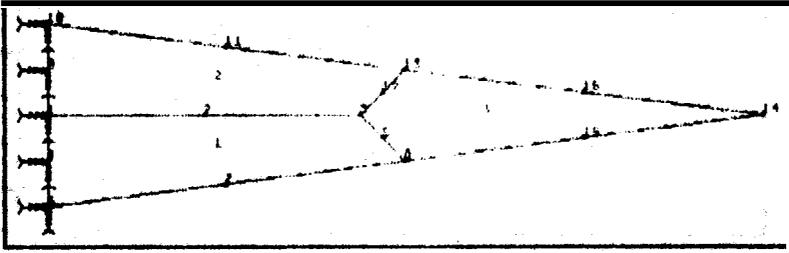


Fig. B.7.2 Condiciones de frontera y mallado del modelo.

```
A_FREQUENCY,1,5,16,1,0,0,1,1e-005,1,1e-006,0,0,0,
VIEW,1,1,1,
```

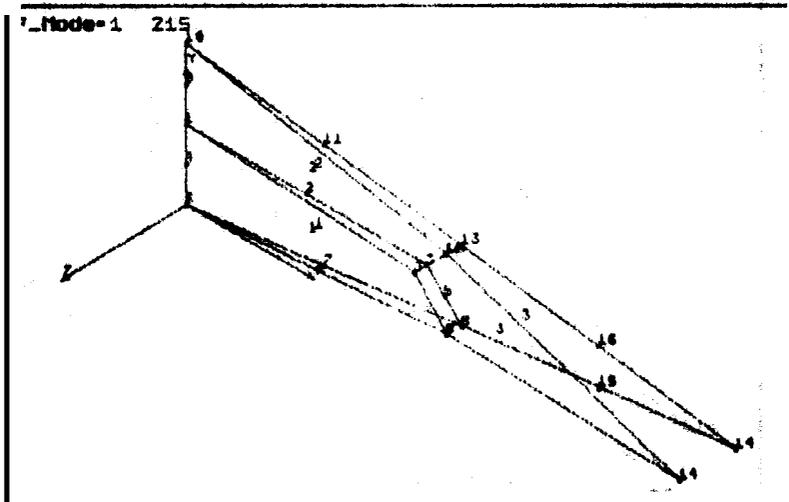


Fig. B.6.3 Deformada para la frecuencia fundamental

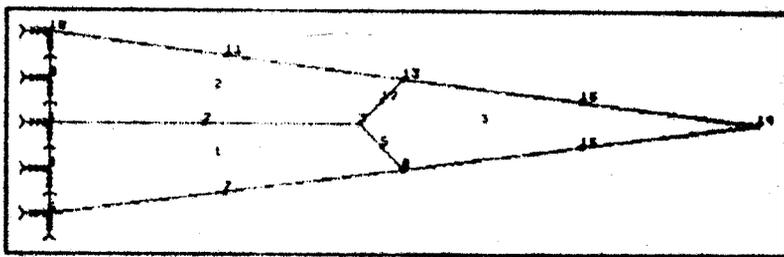


Fig. B.7.1: Condiciones de frontera y mallado del modelo.

A_FREQUENCY,1,5,16,1,0,0,1,1e-005,1,1e-006,0,0,0,
VIEW,1,1,1,

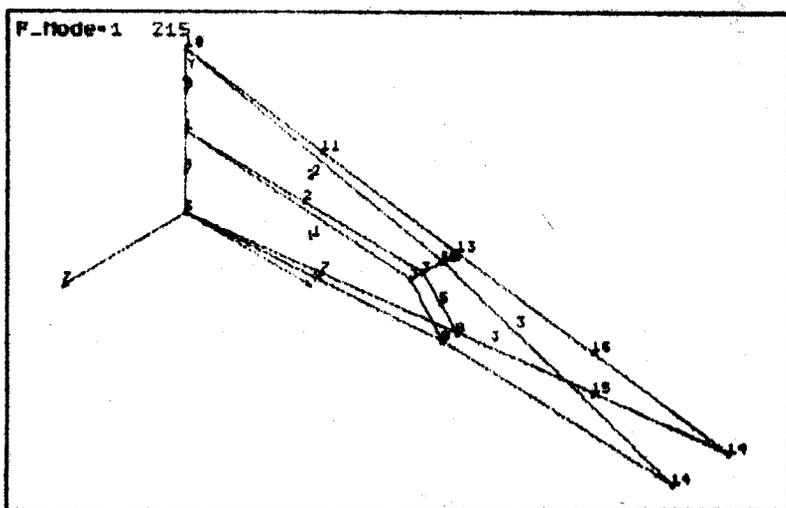


Fig. B.6.3 Deformada para la frecuencia fundamental

REFERENCIA:

1. S. Timoshenko, I.H. Young, and W. Weaver, Jr., "Vibration Problems in Engineering," 3rd. edición, John Wiley & Sons, New York (1974).

RESULTADOS Y COMPARACION.

TITLE : Analysis de frecuencias

SUBTITLE : Determinacion de

CONTROL INFORMATION

```

NUMBER OF LOAD CASES . . . . . (NLCASE) = 1
ELUTION MODE . . . . . (MODEX) = 2
EQ. 1, BUCKLING ANALYSIS
EQ. 1, DRAWING MODE OFF
INTERNAL LOADING FLAG . . . . . (INTHERM) = 0
EQ. 0, NO INTERNAL THERMAL LOADING EFFECT
EQ. 1, ADD THERMAL LOADING EFFECT
GRAVITY LOADING FLAG . . . . . (IGRAV) = 0
EQ. 0, NO GRAVITY LOADING CONSIDERED
EQ. 1, ADD GRAVITY LOADING EFFECT
CENTRIFUGAL LOADING FLAG . . . . . (ICNTRF) = 0
EQ. 0, NO CENTRIFUGAL LOADING CONSIDERED
EQ. 1, ADD CENTRIFUGAL LOADING EFFECT
IN-PLANE EFFECTS FLAG . . . . . (INPLN) = 0
EQ. 0, NO IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
EQ. 1, IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
SOFT SPRING ADDITION FLAG . . . . . (ISGFT) = 1
EQ. 0, NO SOFT SPRING OPTION
EQ. 1, SOFT SPRING ADDED

SAVE DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX FLAG . . . (ISAVK) = 0
EQ. 0, DO NOT SAVE DECOMPOSED K
EQ. 1, SAVE DECOMPOSED K
FORM STIFFNESS MATRIX FLAG . . . . . (IFORMK) = 0
EQ. 0, FORM STIFFNESS MATRIX
EQ. 1, USE EXIST DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX
    
```

TOTAL SYSTEM DATA

NUMBER OF EQUATIONS (NEQ) = 56
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS (NWF) = 666
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH (MK) = 48
 MEAN HALF BANDWIDTH (MM) = 10
 NUMBER OF ELEMENTS. (NUME) = 3
 NUMBER OF NODAL POINTS. (NUMNP) = 16
 SIZE OF EACH BLOCK. (MTBLK) = 3431
 NUMBER OF BLOCKS. (NBLK) = 1

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .620500E+09
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .100000E+05

 MASS MOMENT INFORMATION

WEIGHT .000000E+00 MASS .232960E-01 VOLUME .320000E+02

MASS MOMENT OF INERTIA W.R.T. C.G.

IX .120120E-01 IY .254638E+00 IZ .266650E+00

MASS PRODUCT OF INERTIA W.R.T. C.G.

PXY .369380E-07 PXZ .000000E+00 PYZ .000000E+00

RADII OF GYRATION W.R.T. C.G.

RX .718071E+00 RY .330614E+01 RZ .338322E+01

CENTER OF GRAVITY

CGx	.533333E+01	CGy	.200000E+01	CGz	.000000E+00
PRINCIPAL MASS MOMENT OF INERTIA					
P1	.266650E+00	P2	.254638E+00	P3	.120120E-01
PRINCIPAL RADII OF GYRATION					
R1	.338322E+01	R2	.330614E+01	R3	.718071E+00
PRINCIPAL AXES (DIRECTION COSINES IN ROWS W.R.T C.G.)					
N_11	.000000E+00	N_12	.000000E+00	N_13	.100000E+01
N_21	.115210E+00	N_22	-.993341E+00	N_23	.000000E+00
N_31	.993341E+00	N_32	.115210E+00	N_33	.000000E+00

SOLUTION PARAMETERS

NUMBER OF EIGENVALUES. (NFR)= 1
 MASS TYPE: 1-LUMPED, 2-CONSISTENT. . . . (MASS)= 1
 MODE SHAPE PRJNT FLAG. (MPRNT)= 0
 INTERMEDIATE SOLUTION PRINT FLAG (IFPR)= 0
 STURM SEQUENCE CHECK FLAG. (IFSS)= 1
 MAXIMUM NUMBER OF ITERATIONS (ITMAX)= 16
 FREQUENCY SHIFT FLAG (IFRSH)= 0
 FREQUENCY SHIFT. (FRSH)= .0000000E+00
 CONVERGENCE TOLERANCE. (RTOL)= .1000000E-04

de acuerdo a la

113

S U B S P A C E I T E R A T I O N

ITERATION NUMBER 1

ITERATION NUMBER 2

ITERATION NUMBER 3

CONVERGENCE REACHED FOR RTOL .1000E-04

UPPER BOUNDS ON EIGENVALUE CLUSTERS

.18396E+07

NO OF EIGENVALUES IN EACH CLUSTER

1

THE LOWEST 1 EIGENVALUES ARE FOUND

F R E Q U E N C Y A N A L Y S I S

by

S U B S P A C E A L G O R I T H M

FREQUENCY NUMBER	FREQUENCY (RAD/SEC)	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SECONDS)
1	.1349589E+04	.2147938E+03	.4655628E-02

El valor de la frecuencia fundamental de la placa es de 259.16 Hz., de acuerdo a la referencia.

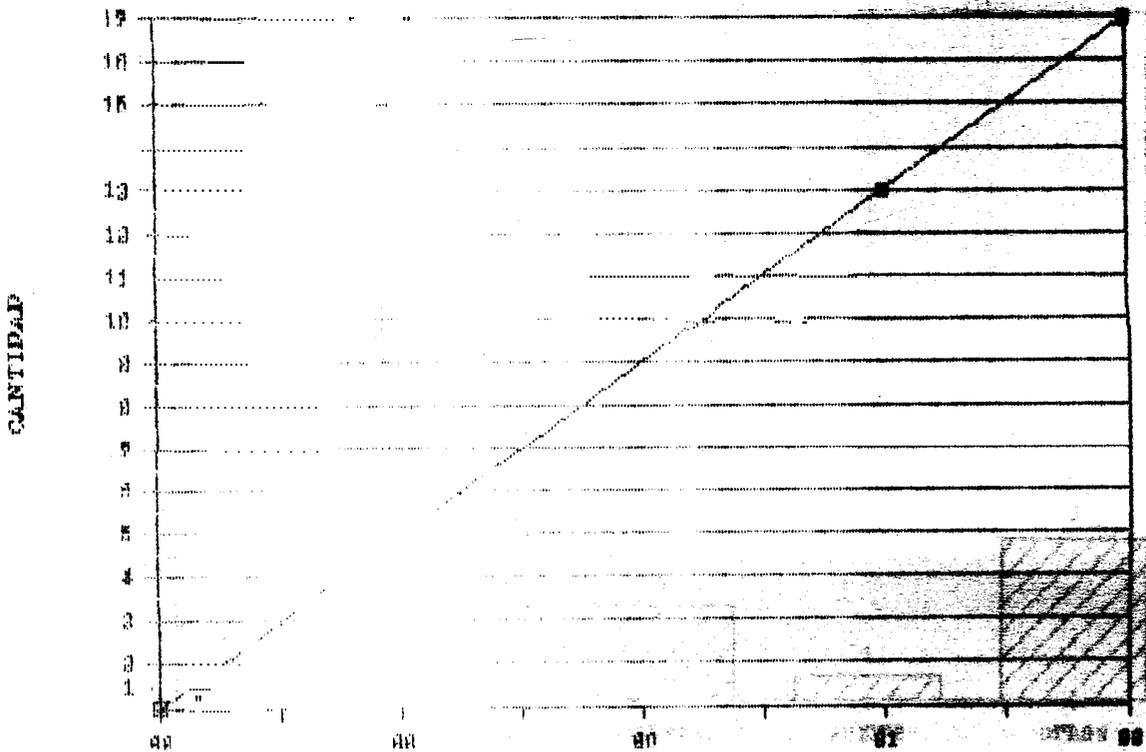
S O L U T I O N T I M E L O G

INPUT PHASE	82
ASSEMBLAGE OF THE STIFFNESS MATRIX	9
ASSEMBLAGE OF THE MASS MATRIX	20
DECOMPOSITION OF THE STIFFNESS MATRIX	7
EIGENVALUE SOLUTION	12
OUTPUT PHASE	4
TOTAL SOLUTION TIME	134

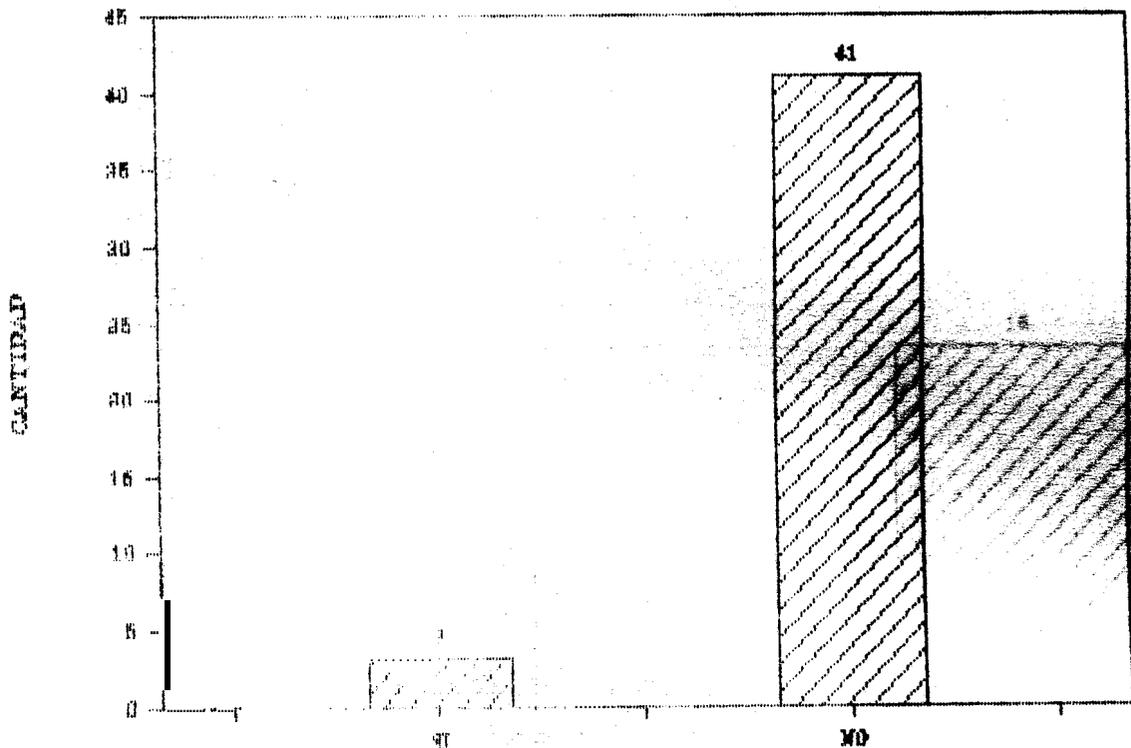
APENDICE C

RESULTADO Y EVALUACION DE LAS ENCUESTAS INDUSTRIALES
REALIZADAS EN LAS CIUDADES DE QUITO, GUAYAQUIL Y CUENCA,

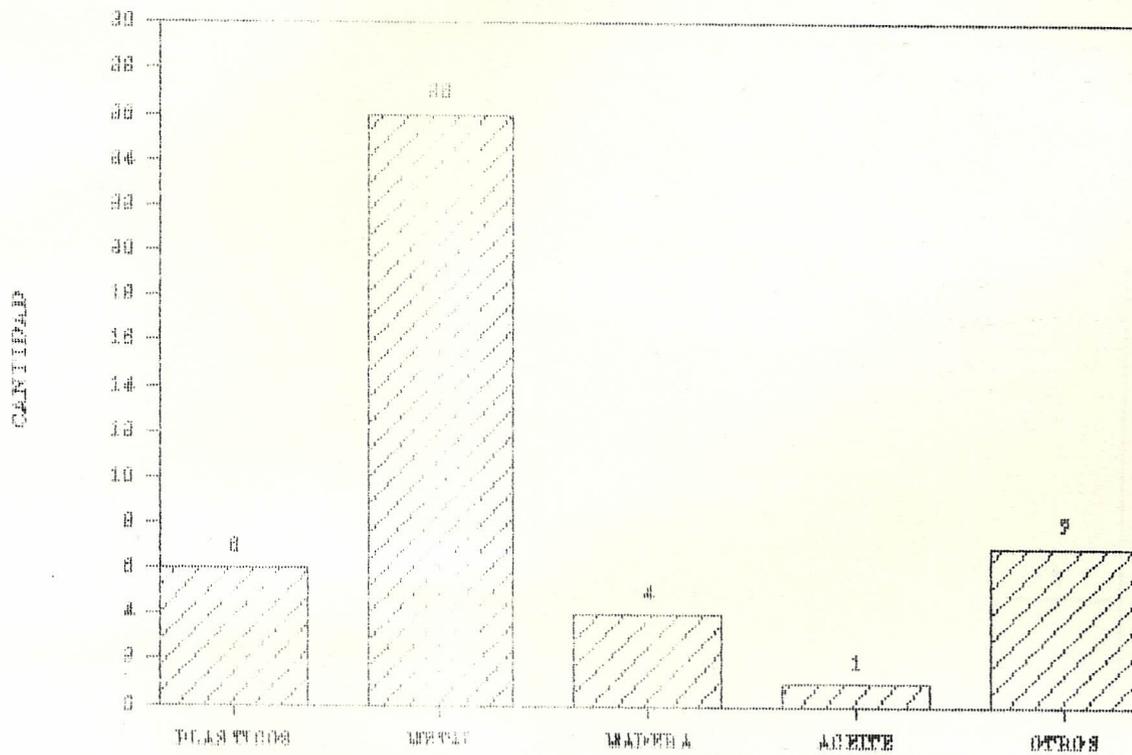
Producción de pl



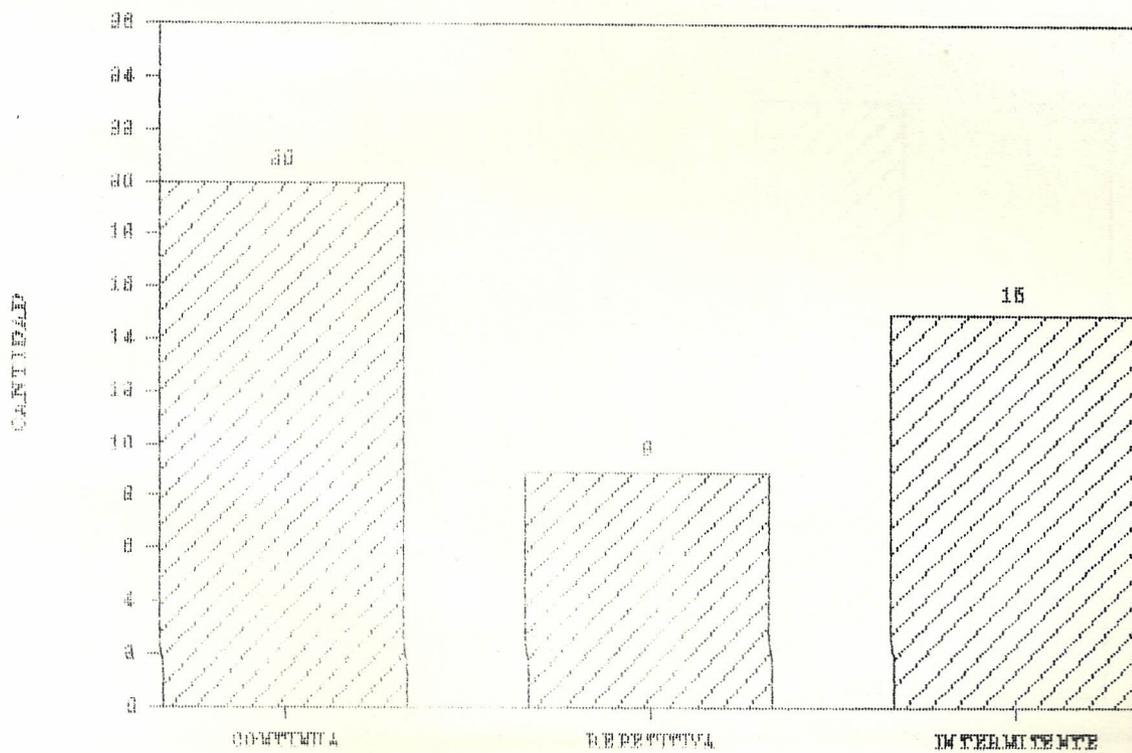
C.5. Programas implementados en la industria cant. vs.t.



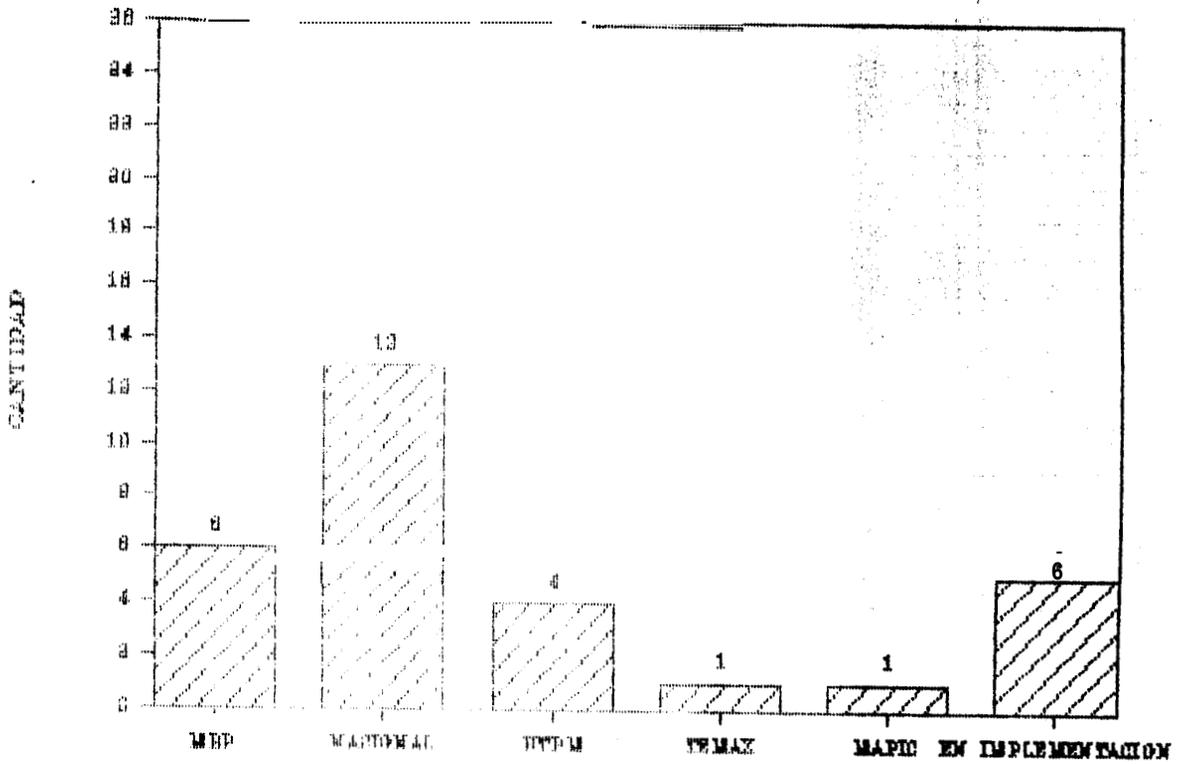
C.6. Utilización de programas de elementos finitos.
redacción



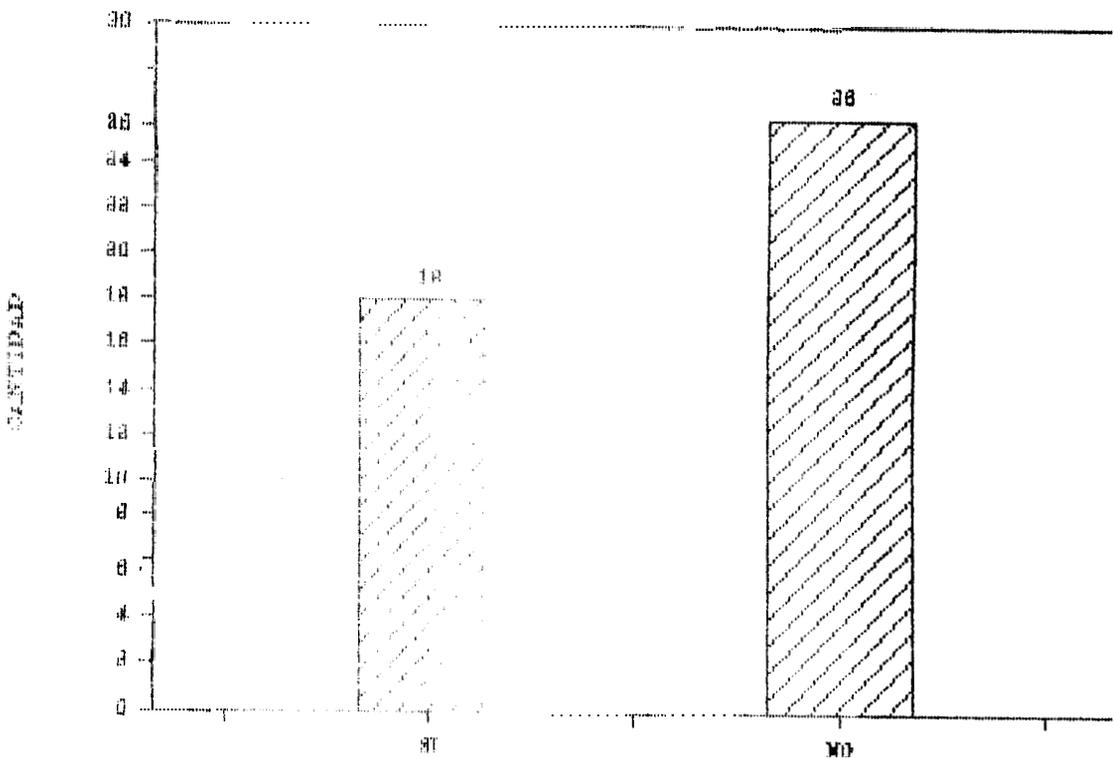
C.1. Tipos de industria encuestadas



C.2. Tipo de producción vs. cant. de industria encuestada



c.3. Programas utilizados para el control de Producción



C.4. Utilización del diseño ayudado por computadora

EVALUACION DR LAS ENCUESTAS

Para realizar un muestreo de la situación en la que se encuentran las industrias nacionales, en lo que respecta a la ingeniería ayudada por computadora, se han encuestado 44 industrias en las tres principales ciudades del país: Quito, Guayaquil, Cuenca.

- 1.- Según la evaluación, de las encuestas, se tiene que un 80% de las industrias encuestadas realizan diseño, teniéndose que un 41% emplean la ayuda del computador.
- 2.- El industrial conoce el sistema de Diseño con ayuda de la computadora (sistemas en inglés C.A.D.), sólomente el 38.6% lo emplean con preferencia indiscutible al programa AUTOCAD. La implementación de este programa sigue un nivel ascendente y se irá utilizando en nuevos proyectos en la industria.
- 3.- Se puede observar en las gráficas, que para el industrial, se ha vuelto muy importante el control de la producción, implementando programas como el HTPM y el MRP, así como programas elaborados internamente de acuerdo a sus necesidades, lo que es un 75% de las industrias encuestadas, teniéndose que 43% son nacionales. Esta

implementación viene dándose desde 1988.

4.- En cuanto al empleo de programas de elementos finitos, en el análisis de sistemas mecánicos, se tiene muy poca aplicación, teniéndose solamente a cuatro empresas que lo utilizan, tres del sector privado y una entidad gubernamental, éstas empresas son:

IEPESA, en la ciudad de Quito, con un programa elaborado en una tesis de grado de la Escuela Politécnica del Ejército.

DELTA DELFINI, en la ciudad de Guayaquil, con el programa NISA II, empleado en el diseño mecánico de ventiladores centrífugos y de tuberías.

INEM, en la ciudad de Guayaquil, con un programa nacional propio.

CEBCA, Comisión Ecuatoriana de Bienes de Capital, la cual posee el programa COSMOS/M; ésta es una entidad gubernamental que da asesoría al sector industrial y productor de bienes de capital del país.

El futuro que presenta el empleo del análisis por elementos finitos en nuestro medio, es muy alentador, ya que se cuenta con una herramienta muy útil en el diseño ingenieril

para la producción de bienes de capital con calidad en su diseño.

5.- Con información obtenida por medio del Dr. Stalin Suárez, profesor de la Facultad de Ingeniería en Mecánica, de la Escuela Politécnica Nacional de Quito y además fue ingeniero consultor de CEBOA en el área de diseño; quién manifestó que actualmente emplean el método de elementos finitos a nivel didáctico, utilizando el programa SAP80 en el diseño de estructuras, sin al momento haber realizado algún tipo de análisis a nivel práctico en la industria. En el futuro se piensa en implementar académicamente, un programa especializado de elementos finitos, el cual puede ser COSMOS/M o IDEAS, para lo cual ya se están haciendo las gestiones para el financiamiento de uno de los programas mencionados, además por su conocimiento del medio manifestó que la situación del uso de elementos finitos es muy desalentadora en las otras universidades de Quito y Cuenca. También se han realizado programas de elementos finitos, por los alumnos, en diversos tipos de proyectos de graduación.

6.- Como parte final de este APENDICE se adjunta el formato de la encuesta realizada a la industria.

CUESTIONARIO

Nombre de la Empresa: _____

Representante Legal: _____

Ciudad: _____ Castilla: _____ Telex/fax: _____ Telf: _____

Dirección Oficina: _____

Dirección Planta: _____

Años de actividad: _____ Numero de empleados: _____

Pérsóna entrevistada: _____

Cargo dentro de la empresa: _____

PRODUCCION

Capacidad: _____

Clasificación de la industria:

- a. Extractivas
- b. De transformación
- c. De la construcción civil
- d. Servicios Industriales de actividad pública

Tipo de Producción:

- a. Continua
- b. Repetitiva
- c. Intermitente

Tiene Ud. conocimiento del Control de Producción Asistido por Computador a?

Si

No

Tiene usted algún método de control numérico asistido por computadora

Si

No

Utiliza en su industria el dibujo y Diseño ayudado por computadora

Si

No

Programa(s) implementado(s) en su industria:

Año

- Autocad
- Xcad
- Medusa
- Cad5

Uso(s) del programa dentro de su industria:

- Dibujo de planos
- Dibujo de partes mecánicas
- Diseño

Para realizar un análisis dentro de su industria, ha utilizado el análisis por elementos finitos (FEA)

No

Programas implementados en su industria:

Año

- Lusac
- Nissa
- Cosmos
- SAP80

Tipo de análisis utilizados por el programa:

- Estático lineal
- Estático no lineal
- Análisis dinámico lineal y no lineal
- Térmico transiente o estable
- Flujo de Fluidos
- Optimización

Año

MANUFACTURA

Clase de Manufactura

- de producción
- de Mantenimiento

Tipo de Manufactura

- piezas mecánicas
- Matricería
- Troqueles
- Moldes

Utiliza Máquinas/Herramientas para manufactura en su industria

Cantidad

- Torno
- Fresadora
- Taladro
- Limadora
- Cepilladora
- Rectificadora
- Electroerosión

Presee Maquinas con el número en su Industria:

Maquina	Cantidad	*Tipo (a,b,c)	Año

*Tipos:

- a.- cinta magnética
- b.- tarjeta perforada
- c.- microcomputadora

Tiene Ud. conocimiento de Control de Máquinas Herramientas ayudado por computador:

Si

No

Utiliza en su Industria este tipo de sistema

Si

No

Programa(s) implementado(s) en su industria:

Año

- Mastercam

- Patran

- Pathtrace

Nata - si Ud es á interesado en recibir asesoría, servicios o mas informacion sobre los sistemas expuestos en esta custionario, favor comunicarse con el Centro de Ingeniería Ayudada por Computadora. Facultad de Ingeniería en Mecánica. ESPQL.

BIBLIOGRAFIA.

1. ZIENKIEWICS. O.C., **El Método de Elementos Finitos**, Barcelona, Reverté, 1982.
2. LOGAN, Daryl, **A First Course in the Finite Element Method**, PWS . KENT Publishing Company, Boston, 1986.
3. COOK, Robert, **Concepts and Applications of Finite Element Analysis**, John Wiley & Sons, New York, 1981.
4. HUEBNER, Kenneth, **The Finite Elemsnt Msthod for Engineers**, John Wiley & Sons, New York, 1975.
5. ROBERTS, Graham, **Finite Element Analysis, The Papua New Ghinea**, University of Technology, 1986.
6. KRISHNAMOORTHY, C S, **Finite Element Analysis, Theory and Programming**, Tata McGraw-Hill, New Delhi, 1990.
7. LOSHKARI & SARCHIN, **Introduction to Cosmos/M, Structural Research an Analysis Corporation**, Santa Mónica, California, 1989.
8. ENGINEERING MECHANICS RESEARCH CORPORATION, **Nisa II, Verification Problems Manual**, Michigan, 1990.