



T
515.62
U79



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica

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

PROYECTO DE GRADO

Previa a la obtención del Título de

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Roberto Antonio Urquizo Calderón

Guayaquil - Ecuador

1.992

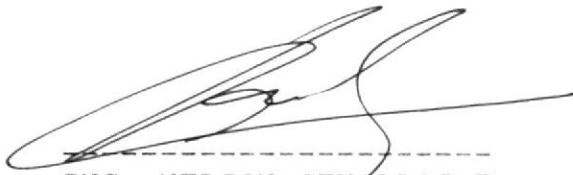
AGRADECIMIENTO.

AL DR. MARTIN EASON, DIRECTOR DEL
PROYECTO DE GRADO, AL ING. EDUARDO
ORCES, Y A MIS AMIGOS CON CUYA
COLABORACION FUE POSIBLE LA
REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

DEDICATORIA.

A MIS PADRES.

A MIS HERMANOS.



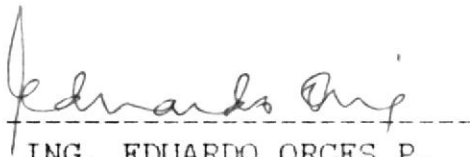
ING. NELSON CEVALLOS B.

DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA MECANICA



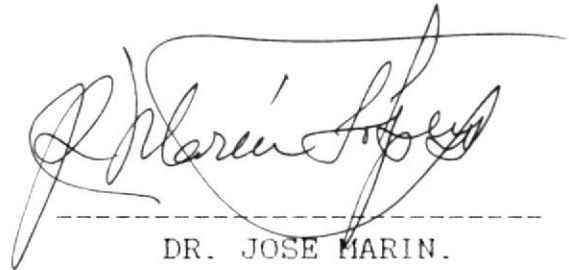
DR. MARTIN EASON.

DIRECTOR DE
PROYECTO DE GRADO



ING. EDUARDO ORCES P.

MIEMBRO PRINCIPAL DEL
TRIBUNAL.



DR. JOSE MARIN.

MIEMBRO PRINCIPAL DEL
TRIBUNAL.

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).



ROBERTO A. URQUIZO CALDERON

RESUMEN.

Considerando que el empleo de computadoras es una parte integrante de los procesos industriales, la Facultad de Ingeniería en Mecánica de la E.S.P.O.L. se encuentra desarrollando tecnologías de dibujo, diseño y manufactura ayudado por computadora. El presente trabajo consistirá en la elaboración de un manual instructivo básico para la industria, sobre el programa de análisis mediante Elementos Finitos COSMOS/M. El manual es para uso industrial debido a que se dará mayor énfasis a la generación de geometría y malla, y proporciona los grupos de elementos más comunes.

Este manual será dividido en tres partes: la primera y segunda de carácter conceptual y la última de aplicación práctica.

En la primera parte que corresponde a los capítulos I y II, se desarrollará en forma breve la teoría adecuada para nuestro estudio, ya sea sobre el método de elementos finitos o en el conocimiento del programa.

En la segunda parte que comprende los capítulos que van del

III al IX presentaremos los comandos más importantes y, usados en un curso básico a nivel principiante y medio. Estos comandos irán acompañados de la sintaxis del mismo así como un breve ejemplo cuando sea necesario.

En la tercera parte, que consiste en los Apéndices A y B, presentaremos ejemplos desarrollados mediante la técnica aprendida.

Como un anexo importante se presenta el Apéndice C que recoge los resultados de las encuestas efectuadas en las principales ciudades del país: Guayaquil, Quito y Cuenca. Esta encuesta trata la situación actual de los sistemas de Ingeniería Ayudada por Computadora (siglas en inglés C.A.E.).

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	XVI.
INDICE GENERAL.	VIII.
INDICE DE FIGURAS.	XIV.
ABREVIATURAS.	XVII.
INTRODUCCION.	XIX.
I.- CAPITULO	
FUNDAMENTOS TEORICOS	
1.1 El método de Elementos Finitos.....	21.
1.1.1 Como trabaja el método de Elementos Finitos.....	22.
1.2 Representación matricial de la rigidez de unabarra.....	24.
1.2.1 Coordenadas globales.....	28.
1.3 El elemento viga.....	31.
1.4 El elemento Plane2D.....	34.
1.5 Características de la matriz rigidez del sistema.....	35.
1.6 Uso de la simetría en un problema.....	38.
1.7 No linealidad.....	39.
II.- CAPITULO	

PROGRAMA COSMOS/M V1.6.

2.1 Características y funciones de los módulos de Cosmos/M.....	43.
2.2 La pantalla de Geostar.....	45.
2.3 Funciones de rápido acceso y menus.....	47.

III.- CAPITULO

COMANDOS DE PANTALLA.

3.1 Rejilla.....	49.
3.2 Parámetros de vista.....	51.
3.3 Parámetros de pantalla.....	53.
3.4 Ventanas.....	56.

IV.- CAPITULO

COMANDOS DE GEOMETRIA.

4.1 Puntos.....	60.
4.1.1 Generación de puntos.....	61.
4.1.2 Edición de puntos.....	66.
4.2 Curvas.....	69.
4.2.1 Círculos.....	74.
4.2.2 Generación de curvas especiales.....	77.
4.2.3 Manipulación de curvas.....	80.
4.2.4 Generación de curvas.....	85.
4.2.5 Edición de curvas.....	90.
4.3 Superficies.....	91.
4.3.1 Manipulación de superficies.....	95.

4.3.2	Generación de superficies.....	98.
4.3.3	Edición de superficies.....	102.
4.4	Volúmenes.....	102.
4.4.1	Generación de volúmenes.....	104.
4.4.2	Edición de volúmenes.....	107.
4.5	Contornos.....	107.
4.5.1	Comandos de edición.....	110.
4.6	Regiones.....	110.
4.6.1	Comandos de edición	112.
4.7	Sistema de coordenadas.....	112.

V.- CAPITULO

GRUPO DE ELEMENTOS, MATERIALES Y CONSTANTES REALES.

5.1	Grupo de Elementos.....	115.
5.2	Materiales.....	117.
5.3	Constantes Reales.....	119.

VI.- CAPITULO

GENERACION DE MALLAS

6.1	Generación paramétrica (PARAM_MESH).....	122.
6.2	Generación automática (AUTO_MESH).....	126.
6.3	Nodos.....	135.
6.4	Elementos.....	138.

VII.- CAPITULO

LIBRERIA DE ELEMENTOS Y PROPIEDADES DEL MATERIAL.

7.1	Como escoger el elemento adecuado.....	142.
7.1.1	Elemento Barra.....	142.
7.1.2	Elemento Viga.....	143.
7.1.3	Elementos Plano-2D.....	144.
7.1.3.1	Esfuerzo plano.....	145.
7.1.3.2	Deformación plana.....	145.
7.1.3.3	Axisimétrico.....	146.
7.1.4	Elementos cascarón (Shell).....	147.
7.2	Sistema de coordenadas, Opciones y Constantes reales asociadas con los elementos.	
7.2.1	Barra2D (Truss2D).....	148.
7.2.2	Viga2D (Beam2D).....	150.
7.2.3	Plano2D (Plane2D).....	152.
7.2.4	Cascarón3T & Cascarón3 (Shell3T & Shell3).....	155.
7.2.5	Cascarón4T & Cascarón4 (Shell4T & Shell4).....	159.
7.3	Libreria de Propiedades de materiales.	
7.3.1	Propiedades térmicas.....	161.
7.3.2	Propiedades estructurales.....	161.

VIII.-CAPITULO

CONDICIONES DE FRONTERA.

8.1 Desplazamiento.....	165.
8.2 Fuerza.....	167.
8.3 Temperatura.....	167.
8.4 Presión.....	167.
8.5 Flujo de calor.....	171.
8.6 Generación de calor en nodos y elementos...	172.
8.7 Convección de calor.....	172.

IX.- CAPITULO

COMANDOS PARA ANALISIS Y OBTENCION DE RESULTADOS.

9.1 Comandos Utilitarios.....	174.
9.2 Comandos de Activación.....	177.
9.3 Paramétricos.....	179.
9.4 Interface con otros programas C.A.D.....	180.
9.5 Comunicación con Modstar.....	183.
9.6 Seleccionar el tipo de análisis a realizar con el modelo.....	185.
9.7 Ejecución de los programas de análisis.....	196.
9.8 Casos de carga y control de impresión.....	200.
9.9 Impresión de resultados.....	202.
9.10 Muestra de resultados en la pantalla (POST-PRO).....	203.
9.10.1 Activar Post-Procesador.....	203.
9.10.2 Seleccionar los resultados a	

	mostrar.....	206.
	9.10.3 Muestra de resultados.....	207.
	9.10.4 Lista de resultados.....	210.
APENDICE A	EJEMPLOS DE GENERACION DE MALLA.	
	A.1 Tubo aleteado.....	216.
	A.2 Biela.....	220.
APENDICE B	EJEMPLOS DE PROBLEMAS DESARROLLADOS POR ELEMENTOS FINITOS.	
	B.1 Estructura plana.....	226.
	B.2 Placa simplemente apoyada.....	235.
	B.3 Conducción de calor en una placa cuadrada con condiciones de temperatura.....	242.
	B.4 Cubierta cilíndrica.....	249.
	B.5 Efecto de un agujero circular en la distribución de esfuerzo en una placa.....	258.
	B.6 Frecuencias Naturales de una placa simplemente apoyada.....	267.
APENDICE C	RESULTADO Y EVALUACION DE LAS ENCUESTAS INDUSTRIALES REALIZADAS EN LAS CIUDADES DE GUAYAQUIL, QUITO Y CUENCA.	277.
	BIBLIOGRAFIA.	284.

INDICE DE FIGURAS.

No.	Pag.
1.1 Barra sujeta a fuerza de tensión F.....	25.
1.2 Relación entre coordenadas globales y locales....	29.
1.3 Viga sometida a cargas de flexión.....	32.
1.4 Estructura de la matriz de coeficientes para un sistema típico de elementos finitos.....	36.
1.5 Matriz rigidez para una barra.....	37.
1.6 Formato de banda comprimida de la matriz rigidez de la figura 1.5.....	37.
1.7 Uso de la simetría en una estructura.....	39.
2.1 Partes de la pantalla de Geostar.....	46.
2.2 Funciones de rápido acceso.....	48.
4.1 Construcción de curvas.....	74.
4.2 Construcción de círculos.....	77.
4.3 Construcción de curvas especiales.....	79.
4.4 Manipulación de curvas.....	85.
4.5 Generación de curvas.....	90.
4.6 Construcción de superficies.....	95.
4.7 Manipulación de superficies.....	98.
4.8 Barrido de superficies (SFSWEEP).....	100.

No.	Pag.
4.9 Arrastre de superficie (SFDRAG).....	102.
6.1 Contornos para la región del ejemplo 2 (MA_RG)...	128.
6.2 Malla de elementos finitos para la región (ejemplo2).....	129.
9.1 Puntos y curvas en GEOSTAR.....	182.
9.2 Puntos y curvas en AutoCAD.....	183.
A.1.1 Superficies modelo para la generación (ejemplo A.1).....	217.
A.1.2 Vista lateral de las superficies generadas (ejemplA.1).....	218.
A.1.3 Malla de elementos finitos para el tubo aleteado.....	219.
A.2.1 Vista principal de las superficies generadas (biela).....	222.
A.2.2 Vista isométrica y lateral de los volúmenes generados.....	223.
A.2.3 Malla de elementos finitos para la biela.....	224.
B.1.1 Problema B.1.....	226.
B.1.2 Estructura plana deformada.....	230.
B.2.1 Problema B.2.....	235.
B.2.2 Geometría del Problema B.2.....	236.
B.2.3 Elementos finitos y condiciones de frontera • (problemB.2.).....	237.
B.3.1 Problema B.3.....	242.

No.	Pag.
B.3.2 Elementos y condiciones de temperatura para la placa (problema B.3).....	244.
B.3.3 Curvas de igual temperatura para la placa.....	248.
B.4.1 Problema B.4.....	249.
B.4.2 Elementos finitos y condiciones de frontera (problema B.4).....	251.
B.4.3 Deformación de la cubierta (problema B.4).....	257.
B.5.1 Problema B.5.....	258.
B.5.2 Elementos finitos y condiciones de frontera (problema B.5).....	260.
B.5.3 Placa deformada (problema B.5).....	261.
B.6.1 Problema B.6.....	267.
B.6.2 Elementos finitos y condiciones de frontera (problema B.6).....	269.
B.6.3 Frecuencias naturales para la placa (problema B.6).....	276.
C.1 Clasificación de la industria por producto.....	278.
C.2 Clasificación de la industria según el tipo de producción.....	278.
C.3 Programas de control de producción.....	279.
C.4 Se emplea la computadora en el dibujo y diseño...	279.
C.5 Implementación del programa AUTOCAD.....	280.
C.6 Empleo del análisis por elementos finitos.....	280.

ABREVIATURAS.

\hat{x} : dirección x local.

\hat{y} : dirección y local.

\hat{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.

\hat{d}_{1x} : desplazamiento del nodo 1 en la dirección x local.

\hat{d}_{2x} : desplazamiento del nodo 2 en la dirección x local.

\hat{d}_{1y} : desplazamiento del nodo 1 en la dirección y local.

\hat{d}_{2y} : desplazamiento del nodo 2 en la dirección y local.

\hat{f}_{1x} : fuerza ejercida sobre el nodo 1 en la dirección x local.

\hat{f}_{2x} : fuerza ejercida sobre el nodo 2 en la dirección x local.

L : longitud de la viga o barra.

\hat{k}_e : matriz rigidez del elemento.

C : coseno del ángulo θ .

S : seno del ángulo θ .

[T] : matriz de transformación.

- $[T]^{-1}$: inversa de la matriz de transformación.
 $[T]^T$: transpuesta de la matriz de transformación.
 \hat{v} : desplazamiento transversal de la viga en la dirección y local.
 I : momento de inercia de la sección.
 Φ_1 : rotación del nodo 1.
 Φ_2 : rotación del nodo 2.
 \hat{f}_{1y} : fuerza ejercida sobre el nodo 1 en la dirección y local.
 \hat{f}_{2y} : fuerza ejercida sobre el nodo 2 en la dirección y local.
 \hat{m} : momento de flexión para la viga.
 \hat{V} : fuerza cortante en la dirección transversal de la viga.
 kg : matriz rigidez global.
 γ_{xy} : deformación cortante en el plano X-Y.
 γ_{yz} : deformación cortante en el plano Y-Z.
 b : ancho de la mitad de la banda.
 $N \times N$: matriz cuadrada de N filas y N columnas.
 C.A.E. : Computer Aided Engineering.
 C.A.D. : Computer Aided Design.

INTRODUCCION.

El presente trabajo afronta la elaboración de un manual instructivo industrial, para el Programa de Análisis por Elementos Finitos COSMOS/M V. 1.6.

El manual se orienta principalmente a la industria debido, a la importancia que se le dá a los comandos de generación de la geometría del modelo y, el tipo de elementos enseñados. Un principiante hasta un nivel medio, tiene acceso a el.

El interés que persigue es el de enseñar de una manera ordenada, en un curso planificado, el empleo de los comandos más utilizados desde la generación de la geometría inicial (modelación de elementos finitos), hasta la selección del tipo de análisis del problema y muestra de resultados, pasando por un escogitamiento adecuado del elemento a emplear y otros detalles desarrollados. De tal manera, que no es una simple traducción de comandos.

El programa COSMOS/M es muy conocido y empleado por muchos diseñadores alrededor del mundo; pero, su uso en el Ecuador

se encuentra limitado a lo que CEBCA (Corporación Ecuatoriana de Bienes de Capital) y la ESPOL puedan desarrollarlo.

En la ESPOL se cuenta, en los actuales momentos, con un programa limitado a 100 nodos y 48 elementos, con ciertos programas de análisis. En esta circunstancia, el uso de este Manual servirá para la comprensión de programas de elementos finitos que cuentan en la actualidad con una estructura parecida.

Por razones de tiempo y precisión, la técnica de análisis por elementos finitos es una herramienta muy importante en el diseño ingenieril. La extensión de su uso depende a lo que la ESPOL pueda darla a conocer, preparando a sus estudiantes, o mediante seminarios o cursos externos.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS TEORICOS.

Este capítulo desarrollará una breve teoría del análisis por elementos finitos, que servirá de repaso a los usuarios para el desarrollo del curso. Por este fin, el usuario deberá tener un conocimiento previo de este tipo de análisis, que puede obtenerse a través de cursos o seminarios a dictarse.

1.1 EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS.

El método de elementos finitos es un método numérico para resolver problemas de mecánica continua [ref. 2]. Algunos problemas típicos de gran interés en ingeniería, se pueden resolver con el uso del método de elementos finitos; entre otros tópicos para los problemas podemos mencionar: análisis estructural (estático y dinámico), flujo de fluidos, transferencia de calor (estado estable y transiente).

En muchas situaciones de la ingeniería de hoy, necesitamos encontrar una solución numérica aproximada

a los problemas, debido a que la solución exacta a estos problemas no es fácil de encontrar.

El proceso de modelar un cuerpo dividiéndolo en un sistema de cuerpos pequeños o unidades (elementos finitos), interconectados en puntos comunes a dos o más elementos (nodos), y/o líneas de borde y/o superficies, se llama discretización [ref. 1]. Este proceso de discretización nos lleva a la formulación de un sistema de ecuaciones algebraicas simultáneas, de cuya solución podremos obtener los valores discretos de determinada variable de campo (presión, esfuerzo, temperatura, desplazamiento, etc.).

1.1.1 COMO TRABAJA EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS.

En un problema continuo, la variable de campo posee infinitos valores, en función de cada punto en un cuerpo o región de solución.

Una vez discretizado el problema, debemos expresar la variable de campo desconocida, en términos de funciones de aproximación en cada elemento.

La solución y el grado de aproximación no

depende únicamente del tamaño y número de elementos usados, sino también de la función de aproximación seleccionada. No se debe usar funciones arbitrarias porque deben satisfacerse ciertas condiciones de compatibilidad. En este punto, la experiencia da al ingeniero un arma muy importante.

La solución de un problema continuo, siempre sigue un orden paso a paso. En general, este proceso lo desarrollaremos a continuación:

Paso 1.- Discretizar (mallar) y seleccionar los tipos de elementos (grupo de elementos).

Paso 2.- Seleccionar una función de aproximación.

Paso 3.- Definir las relaciones básicas para los elementos (de acuerdo al tipo de análisis). Por ejemplo para el caso de análisis estático lineal, las relaciones deformación / desplazamiento y esfuerzo/deformación.

Paso 4.- Derivar la matriz rigidez del elemento. Los métodos usados pueden ser:

- 4.a Método de equilibrio directo.
- 4.b Método de energía. Puede ser:
 - 4.b.1 Trabajo virtual.
 - 4.b.2 Mínima energía potencial.
 - 4.b.3 Castigliano.
- 4.c Método de residuos ponderados.

Paso 5.- Juntar las ecuaciones de los elementos para obtener las ecuaciones totales e introducir las condiciones de borde.

Paso 6.- Resolver el sistema de ecuaciones, encontrar los grados de libertad desconocidos para cada nodo.

Paso 7.- Cálculo de variables de campo (esfuerzo, temperatura, flujo de calor, etc.), de acuerdo a las relaciones definidas.

Paso 8.- Análisis de resultados.

1.2 REPRESENTACION MATRICIAL DE LA RIGIDEZ DE UNA BARRA.

Una barra conectada por un pasador, provee un buen comienzo para ilustrar como usamos el método de equilibrio directo para calcular la matriz rigidez de

un elemento barra estructural.

Se asume que el elemento barra tiene una área seccional constante A , un módulo de elasticidad E , y una longitud inicial L . Los grados de libertad nodales son los desplazamientos locales axiales (desplazamiento a lo largo de la longitud de la barra), representados por \hat{d}_{1x} y \hat{d}_{2x} como indica la figura (1.1).

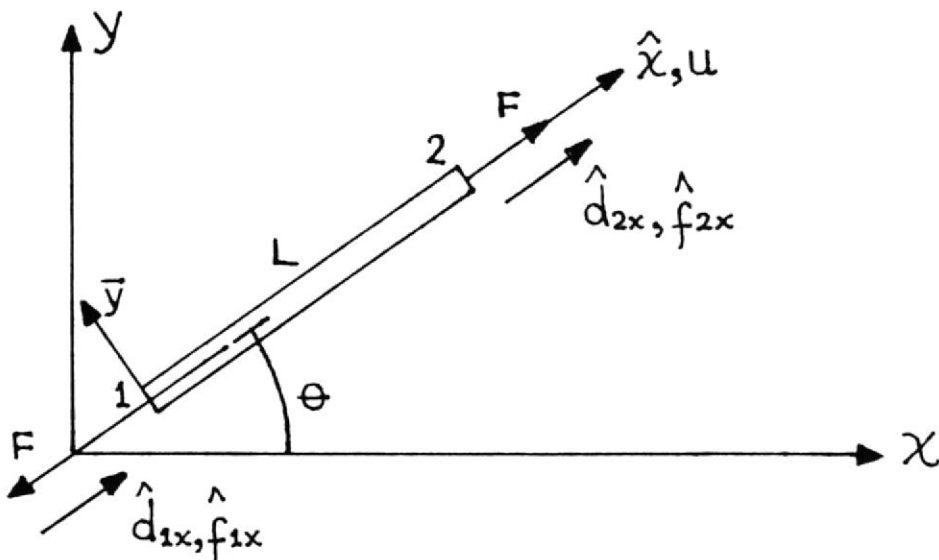


FIG. 1.1 BARRA SUJETA A FUERZA DE TENSION F .

Se asume una función lineal de desplazamiento a lo largo de eje \hat{x} , como función de aproximación. Entonces:

$$\hat{u} = a_1 + a_2 \hat{x} \quad (1.1)$$

con el número de coeficiente a_i , siempre igual al número total de grados de libertad asociados con el elemento.

Los coeficientes a_1 y a_2 se determinan:

$$\hat{u}(0) = \hat{d}_{1x} = a_1 \quad (1.2.a)$$

$$\hat{u}(L) = a_1 + a_2 * L = \hat{d}_{2x} \quad (1.2.b)$$

de tal manera se tiene:

$$a_1 = \hat{d}_{1x}$$

$$a_2 = \frac{\hat{d}_{2x} - \hat{d}_{1x}}{L} \quad (1.2.c)$$

De aquí, la ecuación (1.1) está dada por:

$$\hat{u} = \frac{\hat{d}_{2x} - \hat{d}_{1x}}{L} \hat{x} + \hat{d}_{1x} \quad (1.3)$$

o en forma matricial la ecuación (1.3) dá:

$$\hat{u} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{\hat{x}}{L} & \frac{\hat{x}}{L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \hat{d}_{1x} \\ \hat{d}_{2x} \end{Bmatrix} \quad (1.4)$$

Ahora, la relación esfuerzo/deformación es:

$$\sigma_x = E \cdot \epsilon_x \quad (1.5)$$

y la relación deformación/desplazamiento es:

$$\epsilon_x = \frac{d\hat{u}}{d\hat{x}} = \frac{\hat{d}2x - \hat{d}1x}{L} \quad (1.6)$$

Para mecanismos elementales:

$$F = A \cdot \sigma_x \quad (1.7)$$

Ahora, usando las ecuaciones (1.5) y (1.6) en la ecuación (1.7), se obtiene:

$$F = A \cdot E \left(\frac{\hat{d}2x - \hat{d}1x}{L} \right) \quad (1.8)$$

Por convención de signos, de la figura (1.1), se tiene:

$$\hat{f}1x = - F \quad (1.9)$$

o reemplazando en la ecuación (1.8):

$$\hat{f}1x = \frac{A \cdot E}{L} (\hat{d}1x - \hat{d}2x) \quad (1.10)$$

Similarmente:

$$\hat{f}2x = \frac{A \cdot E}{L} (\hat{d}2x - \hat{d}1x) \quad (1.11)$$

coordenadas X-Y, representado en la figura (1.2). Se quiere encontrar una matriz rigidez tal que:

$$\begin{Bmatrix} f_{1x} \\ f_{1y} \\ f_{2x} \\ f_{2y} \end{Bmatrix} = K_g \begin{Bmatrix} d_{1x} \\ d_{1y} \\ d_{2x} \\ d_{2y} \end{Bmatrix} \quad (1.14)$$

La matriz de transformación T para desplazamientos, relaciona el desplazamiento global con el desplazamiento local o, fuerza global con fuerza local. Esta matriz es:

$$T = \begin{bmatrix} c & s & 0 & 0 \\ -s & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & s \\ 0 & 0 & -s & c \end{bmatrix} \quad (1.15)$$

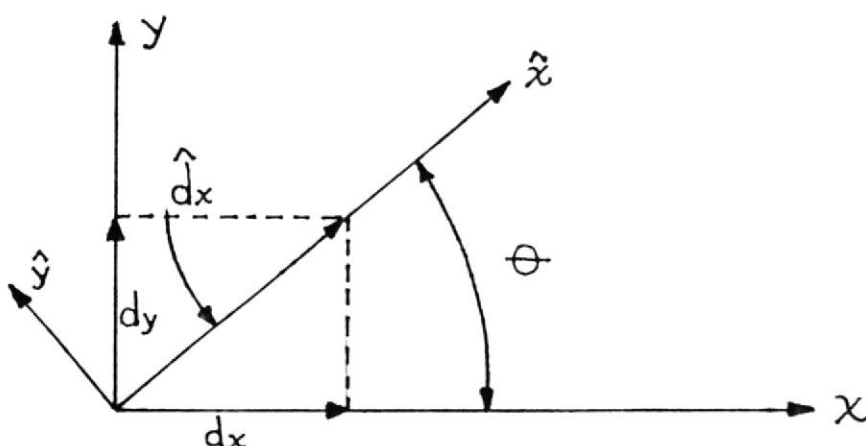


FIG. 1.2 RELACION ENTRE COORDENADAS GLOBALES Y LOCALES.

Expresando las ecuaciones (1.10) y (1.11) en forma matricial, se tiene para el sistema de coordenadas locales:

$$\begin{Bmatrix} \hat{f}_{1x} \\ \hat{f}_{2x} \end{Bmatrix} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \hat{d}_{1x} \\ \hat{d}_{2x} \end{Bmatrix} \quad (1.12)$$

Ahora, de la relación $\hat{f} = \hat{k}_e * \hat{d}$, de la ecuación (1.12) se puede llegar a:

$$\hat{k}_e = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.13)$$

donde la ecuación (1.13) representa la matriz rigidez para un elemento barra.

1.2.1 COORDENADAS GLOBALES.

En la sección anterior, para un elemento barra, la matriz rigidez del elemento fue derivada para simplicidad en el eje x local.

Al combinar miembros es necesario un sistema coordenado común llamado sistema global de

Usando la matriz de transformación (1.15), se puede escribir:

$$\begin{Bmatrix} \hat{f}_{1x} \\ \hat{f}_{1y} \\ \hat{f}_{2x} \\ \hat{f}_{2y} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C & S & 0 & 0 \\ -S & C & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C & S \\ 0 & 0 & -S & C \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} f_{1x} \\ f_{1y} \\ f_{2x} \\ f_{2y} \end{Bmatrix} \quad (1.16)$$

Similarmente, se podrá escribir:

$$\hat{f} = [T] * f \quad (1.17)$$

Utilizando la matriz rigidez (1.13) en forma expandida, se tiene:

$$\begin{Bmatrix} \hat{f}_{1x} \\ \hat{f}_{1y} \\ \hat{f}_{2x} \\ \hat{f}_{2y} \end{Bmatrix} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \hat{d}_{1x} \\ \hat{d}_{1y} \\ \hat{d}_{2x} \\ \hat{d}_{2y} \end{Bmatrix} \quad (1.18)$$

Ahora, usando las ecuaciones (1.16) y (1.17) en la ecuación (1.18), se obtiene:

$$[T]*f = \hat{k}_e*[T]*d \quad (1.19)$$

Multiplicando ambos lados por $[T]^{-1}$, se tiene:

$$f = [T]^{-1} * \hat{k}_e * T * d \quad (1.20)$$

donde $[T]^{-1}$ es la inversa de $[T]$ y es igual a la matriz transpuesta de $[T]$ por ortogonalidad,

De la ecuación (1.14) y (1.20), la matriz rigidez global para el elemento barra es:

$$k_g = [T]^T \hat{k}_e [T] \quad (1.21)$$

Sustituyendo la ecuación (1.15) en la ecuación (1.21), k_g en forma explícita está dada por:

$$k_g = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} C^2 & CS & -C^2 & -CS \\ & S^2 & -CS & -S^2 \\ & & C^2 & CS \\ \text{SIMETRICA} & & & S^2 \end{bmatrix} \quad (1.22)$$

1.3 EL ELEMENTO VIGA.

Una viga es un elemento estructural largo y delgado sujeto a carga transversal que produce significativos efectos de flexión, en contraste con efectos axiales o de torsión [ref. 1].

Considerando el elemento viga que se presenta en la figura (1.3), la viga tiene una longitud L , una

coordenada axial local \hat{x} y coordenada transversal local \hat{y} . El desplazamiento transversal nodal es \hat{d}_{1y} y la rotación es $\hat{\phi}_{1y}$. Las fuerzas locales nodales son \hat{f}_{1y} y los momentos de flexión \hat{m}_1 .

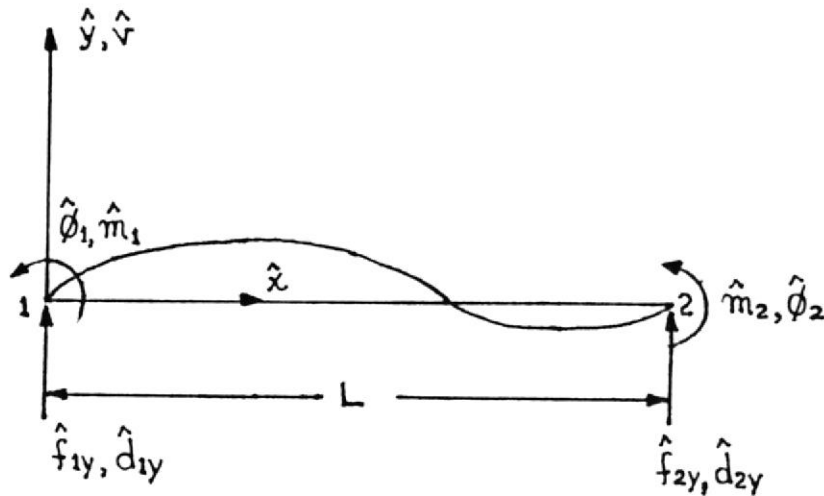


FIG. 1.3 VIGA SOMETIDA A CARGAS DE FLEXION.

Se asume la variación de desplazamiento transversal v como:

$$\hat{v}(\hat{x}) = a_1 \hat{x}^3 + a_2 \hat{x}^2 + a_3 \hat{x} + a_4 \quad (1.23)$$

Usando el mismo procedimiento que se utilizó para el caso de una barra, \hat{v} en función de los desplazamientos nodales está dado por:

$$\hat{v} = \left[\frac{2}{L^3} (\hat{d}_{1y} - \hat{d}_{2y}) + \frac{1}{L^2} (\hat{\phi}_1 + \hat{\phi}_2) \right] \chi^3$$

(1.24)

$$+ \left[-\frac{3}{L^2} (\hat{d}_{1y} - \hat{d}_{2y}) - \frac{1}{L} (2\hat{\phi}_1 + \hat{\phi}_2) \right] \chi^2 + \hat{\phi}_1 \chi + \hat{d}_{1y}$$

De la teoría elemental para vigas, el momento de flexión y la fuerza cortante, se relacionan con el desplazamiento transversal de la forma:

$$\hat{m}(\hat{x}) = EI \frac{d^2 \hat{v}}{d \hat{x}^2} \quad \hat{v} = EI \frac{d^3 \hat{v}}{d \hat{x}^3} \quad (1.25)$$

Usando esta teoría para vigas, con la convención de signos adecuada (presentada en la figura (1.3)), en la ecuación (1.24) se obtiene en forma matricial:

$$\begin{Bmatrix} \hat{f}_{1y} \\ \hat{m}_1 \\ \hat{f}_{2y} \\ \hat{m}_2 \end{Bmatrix} = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \hat{d}_{1y} \\ \hat{\phi}_1 \\ \hat{d}_{2y} \\ \hat{\phi}_2 \end{Bmatrix} \quad (1.26)$$

donde la matriz rigidez local k_e está dada por:

$$\hat{k}_e = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \quad (1.27)$$

Una asunción básica en la teoría de vigas es que la flexión y la tensión son independientes para pequeñas deflexiones. Combinando las ecuaciones (1.27) y (1.18), se tiene:

$$\begin{Bmatrix} \hat{f}_{1x} \\ \hat{f}_{1y} \\ \hat{m}_1 \\ \hat{f}_{2x} \\ \hat{f}_{2y} \\ \hat{m}_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \hat{d}_{1x} \\ \hat{d}_{1y} \\ \hat{\theta}_1 \\ \hat{d}_{2x} \\ \hat{d}_{2y} \\ \hat{\theta}_2 \end{Bmatrix} \quad (1.28)$$

La transformación de la matriz rigidez de coordenadas locales (1.28) a coordenadas globales sigue los mismos pasos que para el elemento barra, esto es:

$$K_g = T^T K_e T \quad [\text{ref. 3}] \quad (1.29)$$

usando una matriz de transformación adecuada.

1.4 EL ELEMENTO PLANE2D.

Los conceptos de esfuerzo plano y deformación plana son muy importantes para el desarrollo de problemas en 2 dimensiones. tomaremos la definición de estos elementos de la ref 1:

Esfuerzo plano.- Estado de esfuerzo en el cual el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante dirigido perpendicular al plano, toma el valor de cero.

Deformación plana.- Estado de deformación en el cual la deformación normal al plano X-Y: ϵ_z y, la deformación cortante γ_{xz} y γ_{yz} , toma el valor de cero.

1.5 CARACTERISTICAS DE LA MATRIZ RIGIDEZ DEL SISTEMA.

Es importante estudiar los rasgos principales o características de la matriz rigidez. Una matriz rigidez de un sistema se representa tal como aparece en la figura (1.4). Notamos que la matriz del sistema tiene un grupo de coeficientes diferentes de cero cerca de la diagonal principal, mientras que el grupo de coeficientes cero están colocados a cierta distancia de esta diagonal. Los elementos diferentes de cero están contenidos en una banda central con la diagonal.

En una malla de elementos finitos, la matriz del sistema no está llena, porque cada elemento tiene relativamente pocos nodos, comparado con todos los nodos del sistema, y, cada nodo se reparte entre pocos elementos. La numeración de los nodos es la causa

principal para que la matriz tenga una banda. Si hay una eficiente numeración de los nodos, el ancho de banda (bandwidth) puede ser minimizado. Un pequeño ancho de banda se obtiene colocando números de nodo consecutivos a la dimensión menor del modelo a analizar.

El ancho de banda b (figura 1.4) está directamente relacionado con la máxima diferencia entre los números de 2 nodos cualesquiera de un elemento. Otra característica importante para la matriz del sistema es la simetría: una característica muy usada y que se tratará en la sección siguiente.

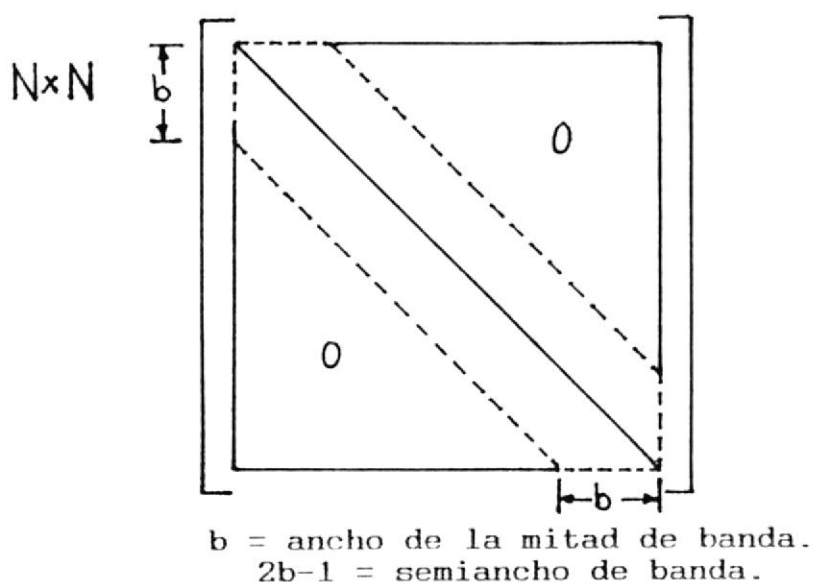


FIG. 1.4 ESTRUCTURA DE LA MATRIZ DE COEFICIENTES PARA UN SISTEMA TÍPICO DE ELEMENTOS FINITOS [REF 3].

La línea fuera de límite (skyline) es una envoltura

que comienza con el primer coeficiente diferente de cero en cada columna de la matriz (figura 1.5). Usando un formato comprimido, únicamente la diagonal principal y las codiagonales superiores diferentes de cero, necesitan ser comprimidas como se presenta en la figura 1.6.

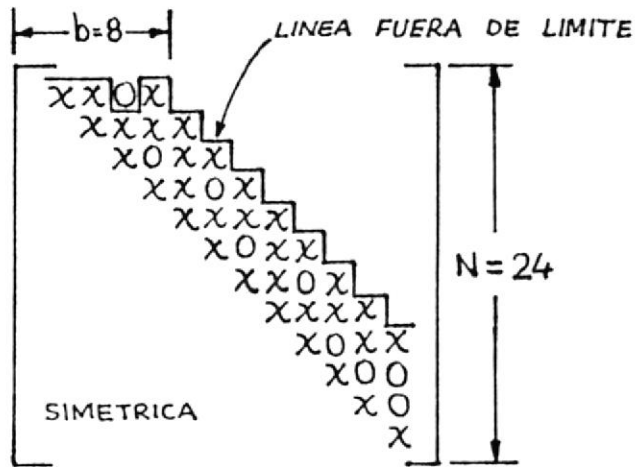


FIG. 1.5 MATRIZ RIGIDEZ PARA UNA BARRA. X: DENOTA BLOQUE DE SUBMATRICES 2X2 CON COEFICIENTES DIFERENTES DE CERO [REF 1].

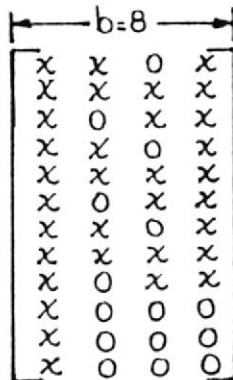


FIG 1.6 FORMATO DE BANDA COMPRIMIDA DE LA MATRIZ RIGIDEZ DE LA BARRA DE LA FIGURA 1.6 [REF. 1]

El tiempo de ejecución (entre este, la solución de las ecuaciones) es función del número de ecuaciones a resolver. Sin usar la compresión de banda de la matriz rigidez K , el tiempo de ejecución es proporcional a $n^3/3$, donde n es el número de ecuaciones a resolver o el tamaño de K . Usando la compresión de K , el tiempo de ejecución es proporcional a $n*b^2$. La razón de tiempo para la ejecución sin la compresión a usando la compresión está dado por $(n/b)^2/3$. Para el ejemplo presentado en las figuras 1.5 y 1.6, la razón es $(24/8)^2/3 = 3$.

1.6 USO DE LA SIMETRIA EN UN PROBLEMA.

En muchas situaciones, se emplea la simetría para facilitar la solución de un problema específico. La simetría puede ser en tamaño, forma y posición de cargas; propiedades del material; y condiciones de borde que están en lados opuestos de una línea divisoria o un plano [ref. 1]. Usando simetría podemos considerar un problema reducido, en lugar del problema original. El orden de la matriz rigidez, y por consiguiente el número de ecuaciones a resolver, se reduce considerablemente. Por ejemplo la estructura de la figura 1.7 tiene simetría en tamaño, forma, posición de carga y condiciones de borde.

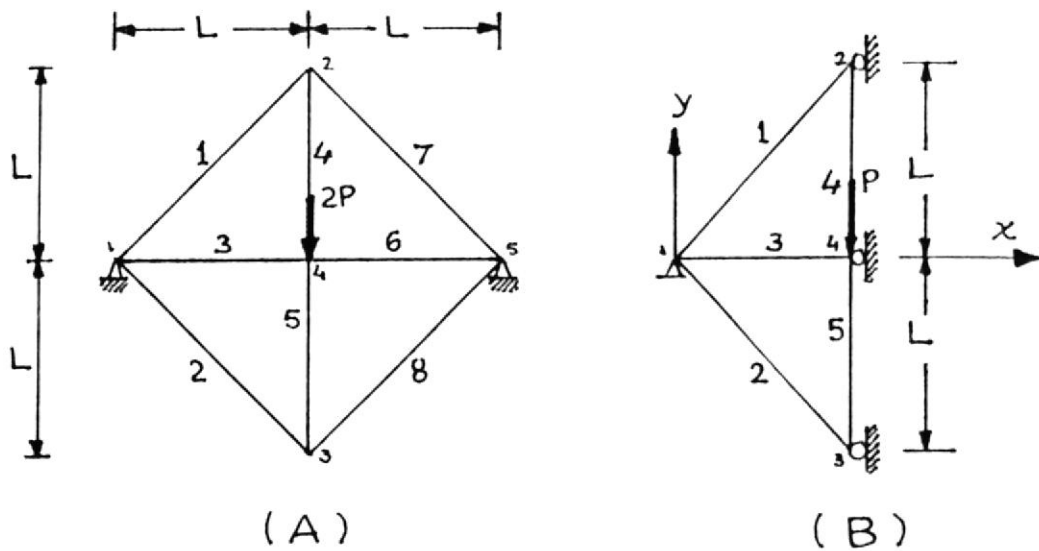


FIG. 1.7 USO DE LA SIMETRIA EN UNA ESTRUCTURA [REF. 1]. A) APLICADA CARGA $2P$. B) APLICADA CARGA P .

1.7 NO LINEALIDAD.

Existen hoy en día muchos comportamientos llamados no-lineales. La relación esfuerzo-deformación puede ser no lineal, ya sea en problemas dependientes o independientes del tiempo. Los problemas de este tipo pueden ser estático o dinámico. Los materiales y las estructuras son usualmente usadas en su campo de linealidad elástico para rangos pequeños de deflecciones. Una ligera no-linealidad no daña un diseño básico lineal. El análisis no lineal es comunmente correcto, porque existe requerimientos

estrictos de diseño, y porque los elementos finitos y la computadora son de mucha ayuda [ref 2].

Problemas no lineales se solucionan tomando una serie de pasos lineales. En términos estructurales este procedimiento se explica escribiendo las ecuaciones de equilibrio en forma incremental $[K]*[\Delta d] = [\Delta F]$. Donde la matriz rigidez $[K]$ es una función de la matriz desplazamiento $[\Delta d]$ porque el problema es no lineal.

Existen 2 tipos de no linealidad básica: La no linealidad geométrica y la no linealidad del material. Las técnicas de solución se aplican a ambas y, con la ayuda del computador es posible activar ambos tipos al mismo tiempo.

La principal característica de la no linealidad geométrica es que las ecuaciones de equilibrio deben ser escritas con respecto a la geometría deformada (la cual no conocemos hasta calcularla). Únicamente si la naturaleza del problema es inalterable para la deformación, se llamará al problema "lineal" y se asume que las ecuaciones de equilibrio se refieren a la configuración inicial [ref. 2].

El problema esencial de la no linealidad del material

es que las ecuaciones de equilibrio deben ser escritas usando las propiedades del material que dependen de la deformación; pero, la deformación no es conocida. De aquí la no linealidad del material se concentra en la plasticidad [ref. 2].

CAPITULO II

PROGRAMA COSMOSM V.1.6.

COSMOSM/M puede llegar a ser una parte integrante de su diseño. Este programa trabaja con todos los niveles de la ingeniería ayudada por computadora (siglas en inglés C.A.E.), desde el dibujo inicial o modelación del problema hasta la manufactura ayudada por computadora.

COSMOS/M es un programa modular, donde el usuario podrá comprar únicamente los módulos que él requiera. El programa principal consiste de un preprocesador, un generador de la malla del modelo y un postprocesador, con todos los gráficos a color, y algunos módulos que ejecutan análisis estructural.

Los módulos con los que cuenta la versión estándar de COSMOSM/M son:

GEOSTAR: Manejador con menú de modelación geométrica.

MODSTAR: Manejador con menú de preprocesador.

PLOTSTAR: Manejador con menú de postprocesador.

GRAPHSTAR: Manejador con menú de un ploteo en X-Y.

Programas de ejecución de análisis.

STAR: Análisis estático lineal.

DSTAR: Análisis de frecuencia y modo de forma.

HSTAR: Análisis no lineal de transferencia de calor.

ASTAR: Análisis dinámico avanzado.

NSTAR: Análisis estructural no-lineal.

TEAP: Análisis térmico y electromagnético.

OPTSTAR: Optimización estructural.

FLOWSTAR: Análisis no lineal de flujo de fluidos.

SHELLSTAR: Análisis de corazas de revolución.

La versión limitada del COSMOS/M requiere los siguientes módulos:

GEOSTAR, MODSTAR, HSTAR, STAR, DSTAR, PLOTSTAR.

2.1 CARACTERISTICAS Y FUNCIONES DE LOS MODULOS DEL COSMOS/M.

GEOSTAR.- Es un generador de malla con menú y ayuda de un ratón. Los modelos pueden ser construidos fácilmente, incrementando su productividad. El programa se basa principalmente en la construcción geométrica de puntos, curvas, superficies y volúmenes.

Geostar tiene una interfaz con algunas programas de

diseño estructural por computadora. El programa es desarrollado por C.A.D.A. Este permite el inicio de un modelo de elementos finitos de ingreso de los modelos, lo cual ahorra mucho tiempo.

MODSTAR.- Es un pre-procesador con ayuda de un menú. Este prepara el modelo en elementos finitos realizado en GEOSTAR para el análisis, y corre varios módulos de análisis.

PLOTSTAR.- Es un postprocesador gráfico para muestra de resultados en la pantalla, y para detalles de vista de su modelo durante el proceso de ingreso de datos. Algunos comandos incluyen animación, múltiples ventanas, "room", numeración de elementos mostrados, diagramas de esfuerzos y temperatura en color lleno y en líneas de contorno, etc.

STAR.- Resuelve los desplazamientos nodales y los esfuerzos de los elementos de un modelo de elementos finitos. Incluye la numeración de nodos, carga de datos, librería de elementos, opciones de carga, etc. El análisis por este módulo incluye cargas puntuales, cargas de temperatura, cálculo de masa, efecto de gravedad y autostrucción.

HSTAR.- Análisis estructural de elementos finitos.

para problemas de estado estable y transiente. HSTAR también puede analizar temperatura dependiente de las propiedades del material y condiciones de borde variables en el tiempo.

2.2 LA PANTALLA DE GEOSTAR.

La pantalla de GEOSTAR tiene siete partes:

Funciones de rápido acceso (Icons).

Controla las interfases tales como el color de la pantalla, la operación del ratón y otras funciones. Todas estas funciones se encuentran en el lado derecho de la pantalla.

Menú de acceso.

Contiene los menús de acuerdo a cierta aplicación. Este menú se encuentra a lo largo de la parte superior de la pantalla.

Caja de dialogo.

Los mensajes de aviso aparecen en esta caja, también los valores por omisión para los comandos. Se puede

entrar por teclado, o por medio del ratón, los parámetros del comando. Se encuentra en el fondo de la pantalla.

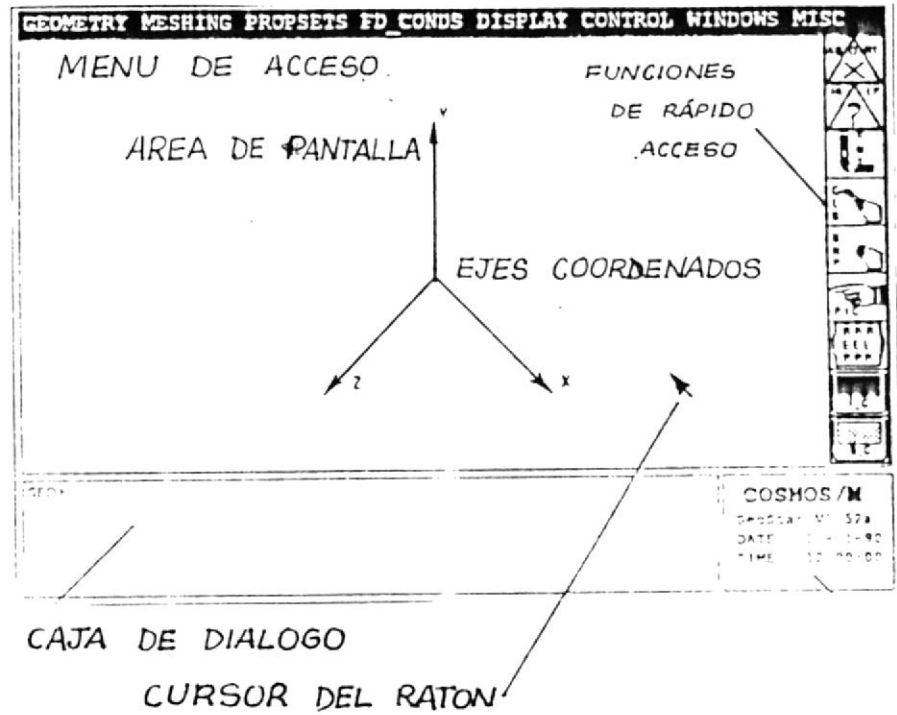


FIG. 2.1 PARTES DE LA PANTALLA DE GEOSTAR.

Area de pantalla.

En el centro de la pantalla, donde los modelos son construidos y presentados.

Cursor del ratón.

Una flecha roja aparece en la localización de su ratón en la pantalla.

Ejes coordenados XYZ.

Presenta la orientación del modelo en la pantalla.

Area de leyenda.

Localizada en la parte inferior, en la esquina derecha, presenta el número de la versión del GEOSTAR, día y hora.

2.3 FUNCIONES DE RAPIDO ACCESO.

El usuario puede construir un modelo usando uno de los siguientes dos métodos: entrada interactiva, con la ayuda del menú, funciones de rápido acceso, ratón, y entrada por teclado; y entrada en grupo, la cual permite referir a un archivo de los comandos necesarios para construir un modelo.

Las funciones de rápido acceso especifican pocas funciones con un mínimo esfuerzo.

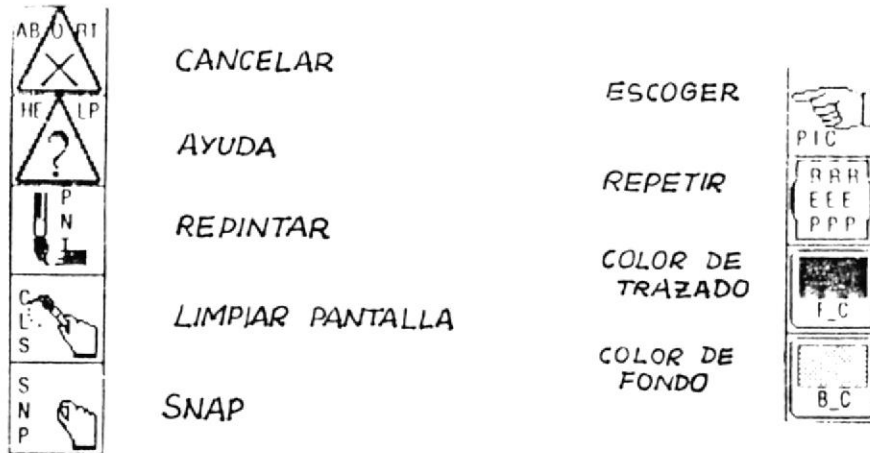


FIG. 2.2 FUNCIONES DE RAPIDO ACCESO.

CAPITULO III

COMANDOS DE PANTALLA

Este menú permite al usuario múltiples opciones de vista de un modelo construido o a contruir. El menú principal contiene: GRID, VIEW_PAR, DISP_PAR y WINDOWS.

3.1 REJILLA.

PLANE.- Define un plano paralelo a cualquiera de los planos coordenados X-Y, Y-Z ó Z-X, especificando el eje coordenado normal al plano y la traslación de este. Este comando se deberá ejecutar antes de colocar la rejilla.

Sintaxis

PLANE, norm-axis, offset, line_style.

donde:

norm_axis: eje coordenado normal al plano. El eje coordenado puede ser X, Y ó Z.

offset: Magnitud de la traslación en el eje coordenado. Localiza la posición del plano en el eje

coordenado normal.

line_style: estilo de linea para la rejilla:

0 -> en blanco, no muestra la rejilla.

1 -> linea llena.

2 -> linea quebrada.

GRIDON.- Plotea una rejilla en un plano predefinido. El origen de la rejilla y sus dimensiones pueden especificarse de acuerdo a las dimensiones del modelo. Si el "SNAP" está activado, los puntos podrán ser escogidos únicamente en los puntos de rejilla.

Sintaxis

GRIDON, org_1st_coord, org_2nd_coord, first_incr, second_incr, num_1st_inc, num_2nd_inc, grid_clr.

donde:

org_1st_coord, org_2nd_coord: valor para el origen de la 1ra y segunda coordenada.

first_incr, second_incr: espacio entre las lineas de rejilla a lo lardo de la primera y segunda coordenada.

num_1st_inc, num_2nd_inc: número de lineas de rejilla en la 1ra y 2da coordenada.

grid_clr: color para las lineas de rejilla.

GRIDOFF.- Borra la rejilla existente.

3.2 PARAMETROS DE VISTA.

VIEW.- Define la dirección de la vista relativa a la cual el objeto es mostrado en la pantalla. La línea de vista es siempre normal a la pantalla con la dirección del modelo especificada.

Sintaxis

VIEW, x_coord, y_coord, z_coord.

donde:

x_coord, y_coord, z_coord: coordenadas X, Y y Z de un punto en el espacio que define 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.

AXIS.- Controla la muestra del eje coordenado del sistema de coordenadas globales en la pantalla, puede adicionalmente especificarse un color.

Sintaxis.

AXIS, draw_flag, axclr.

donde:

draw_flag: bandera que muestra o borra los ejes

coordenados globales:

1 -> dibuja los ejes.

0 -> no dibuja.

axclr: color de los ejes.

ASPECT.- Define la relación y/x de la pantalla. El modelo puede ser distorsionado, en cualquiera de las dos direcciones, horizontal ó vertical.

Sintaxis

ASPECT, ratio.

donde:

ratio: razón de escala y/x.

REPAINT.- Vuelve a diagramar la figura en la pantalla con los parámetros de vista activos.

RESET.- Reajusta la vista, Zoom, traslación, contracción, escala, borde y los parámetros de rotación hacia los valores por omisión.

CLS.- Limpia la pantalla de todo y ajusta el color del fondo.

Sintaxis

CLS, bclr.

donde:

bclr: color del fondo de la pantalla limpiada.

3.3 PARAMETROS DE PANTALLA.

TRANSLATE.- Permite trasladar (mover) una figura desde un punto a otro. El "cross-hair" aparece en la pantalla cuando el comando es digitado. El punto inicial y el punto final son escogidos usando el "cross-hair" para establecer la dirección y magnitud de traslación.

ROTATE.- Permite la rotación de un objeto alrededor de los ejes coordenados X, Y y Z.

Sintaxis

ROTATE, rot_ang_x, rot_ang_y, rot_ang_z.

donde:

rot_ang_x, rot_ang_y, rot_ang_z: ángulo de rotación, en grados, para el objeto alrededor de los ejes coordenados.

SCALE.- Vuelve a mostrar el modelo a escala. La

escala se refiere respecto a la pantalla por un factor específico. El valor por omisión es 0.0, el cual llena la pantalla completamente con el modelo.

Sintaxis

SCALE, scal_fac.

donde:

scal_fac: factor de escala. Es el factor por el cual el objeto tiene que ser dimensionado en el tamaño de la pantalla. Ejemplo: si scal_fac = 0.5 el objeto ocupa la mitad del tamaño de la pantalla.

ZOOMIN.- Permite al usuario una ampliación en la figura, presentada con la ayuda de una ventana. La ventana aparece cuando el comando es digitado. La ventana se especifica cuando las dos esquinas opuestas se seleccionan con el uso del ratón.

ZOOMOUT.- Permite al usuario recuperar las pantallas precedentes, resultado del repetido uso del comando ZOOMIN. El comando ZOOMOUT recobra las pantallas guardadas en orden reverse y hasta 10 pantallas.

HIDDEN.- Activa o desactiva el dibujo de los elementos con líneas ocultas.

Sintaxis

HIDDEN, hidd_flag, bf_flag.

donde:

hidd_flag: especifica el tipo de ploteo:

0 -> dibuja las líneas ocultas.

1 -> no dibuja las líneas ocultas.

bf_flag: bandera de cara de borde:

0 -> considera todos los elementos sólidos.

1 -> no considera sólido interior.

SHADE.- Activa o desactiva el sombreado de los elementos dibujados.

Sintaxis

SHADE, shad_flag, bf_flag.

donde:

shad_flag: bandera de sombreado:

0 -> dibujo no sombreado.

1 -> dibujo sombreado.

bf_flag: bandera de cara de borde:

0 -> considera todos los elementos sólidos incluyendo interiores.

1 -> no considera sólidos interiores.

3.4 VENTANAS.

WCREATE.- Crea una ventana nueva. Hasta un máximo de 4 ventanas pueden ser creadas. Si solo se crea una ventana, se puede especificar las esquinas opuestas usando el ratón y el cross-hair. Si dos ventanas son creadas, la ventana 1 ocupa la mitad del lado derecho de la pantalla y la ventana 2 la mitad del lado izquierdo. Si 3 ventanas son creadas la mitad izquierda de la pantalla es dividida entre la segunda y la tercera ventana. Si 4 ventanas son creadas, la pantalla es igualmente dividida.

Sintaxis

WCREATE, n_win.

donde:

n_win: número de ventanas a ser creadas (entre 1 y 4).

WOPEN.- Abre una ventana cerrada. La ventana abierta es colocada en su posición antes de cerrar. La ventana abierta es la ventana activa.

Sintaxis

WOPEN, index.

donde:

index: número de ventana (entre 1 y 4).

WMOVE.- Mueve una ventana abierta. Para mover la ventana se coloca la flecha del ratón en la esquina inferior izquierda de la ventana, luego se traslada la ventana a una localización deseada y presionamos el botón izquierdo del ratón.

Sintaxis

WMOVE, index.

donde:

index: número de la ventana a mover (entre 1 y 4).

WRESIZE.- Redimensiona una ventana abierta. El nuevo tamaño de la ventana se define, por el ratón, en dos esquinas opuestas.

Sintaxis

WRESIZE, index.

donde:

index: número de la ventana a redimensionar.

WPUSH.- Activa una ventana en el fondo. Una ventana

activada en el fondo no bloquea la vista de otras ventanas. Solamente porciones de la ventana activada no difieren con las otras ventanas al presentarse.

Sintaxis

WPUSH, index.

donde:

index: número de la ventana a ser activada (entre 1 y 4).

WPOP.- Coloca una ventana abierta en primer plano. La ventana especificada es la ventana activa.

Sintaxis

WPOP, index.

donde:

index: número de la ventana (entre 1 y 4).

WCLOSE.- Cierra una ventana abierta. La ventana cerrada se mueve a la izquierda, en un tamaño reducido y con su número de identificación.

Sintaxis

WCLOSE, index.

donde:

index: número de la ventana a cerrar (entre 1 y 4).

WDELETE.- Suprime una ventana. Tanto las ventanas abiertas como las cerradas pueden suprimirse por este comando.

Sintaxis

WDELETE, index.

donde:

index: número de la ventana a ser suprimida (entre 1 y 4).

CAPITULO IV

COMANDOS DE GEOMETRIA

Estos comandos desarrollan la geometría del modelo con entidades tales como: puntos, curvas, superficies y/o volúmenes. Algunos de los más importantes sub-menus serán desarrollados enseguida.

4.1 PUNTOS.

PT.- Define las coordenadas de un punto en el sistema de coordenadas activo, sea global o local. Si la función de rápido acceso "PIC" está activado, los puntos pueden ser seleccionados en una rejilla, en un plano predeterminado.

Sintaxis

PT, label, x, y, z.

donde:

label: número que se le asigna a cada punto, el valor por omisión es el máximo número definido +1

x, y, z : coordenadas del punto en el sistema de

coordenadas activo.

4.1.1 GENERACION DE PUNTOS.

PTGENR - PTRELOC.- Este comando recoloca un grupo de puntos, mediante una traslación y/o rotación específica en el sistema de coordenadas activo. Un punto debe ser libre de asociación con entidades mayores, para una sucesiva relocalización.

Sintaxis

PTRELOC, bkpt, ekpt, incr, flag, x_trans, y_trans, z_trans, theta_x, theta_y, theta_z.

donde:

bkpt: punto inicial del grupo.

ekpt: punto final del grupo.

incr: incremento entre los puntos del grupo.

flag: bandera de generación:

0 -> para traslación.

1 -> para rotación.

2 -> para traslación y rotación.

x_trans, y_trans, z_trans: magnitud de la traslación en el sistema de coordenadas activo.

theta_x, theta_y, theta_z: magnitud de la

rotación (en grados) en el sistema de coordenadas activo.

PTGENR - PTFLLIP.- Mueve un grupo de puntos alrededor de un plano específico en el sistema corriente de coordenadas. Una traslación también puede ser especificada. Los puntos no deben pertenecer a una entidad mayor. La traslación es aplicada a todos los puntos del grupo especificado.

Sintaxis

PTFLIP, bkpt, ekpt, incr, axis, offset.

donde:

bkpt: primer punto del grupo.

ekpt: último punto del grupo.

incr: incremento entre los puntos del grupo.

axis: eje coordenado normal al plano alrededor del cual el grupo de puntos va a ser movido

X -> plano Y-Z

Y -> plano X-Z

Z -> plano X-Y.

offset: magnitud de la traslación en la dirección del eje coordenado especificado.

PTGENR - PTGEN.- Genera uno o más patrones de puntos desde un patrón existente, por traslación y/o rotación de estos alrededor del sistema de coordenadas cartesianas activo.

Sintaxis

PTGEN, repeat count, bkpt, ekpt, incr, flag, x_trans, y_trans, theta_x, theta_y, theta_z.

donde:

repeat count: número de patrones generado.

bkpt: primer punto del grupo.

ekpt: último punto del grupo.

incr: incremento entre los puntos del grupo.

flag: bandera de generación.

0 -> para traslación.

1 -> para rotación.

2 -> para traslación y rotación.

x_trans, y_trans, z_trans: Magnitud de la traslación en el sistema de coordenadas activo
theta_x, theta_y, theta_z: magnitud de la rotación (en grados) en el sistema de coordenadas activo.

PTGENR - PTSYM.- Genera un grupo de puntos simétricos a un punto especificado alrededor de

un plano específico en el sistema de coordenadas corriente. Una traslación puede ser especificada.

Sintaxis

PTSYM, bkpt, ekpt, incr, axis offset.

donde:

bkpt: primer punto del grupo.

ekpt: último punto del grupo.

incr: incremento entre los puntos del grupo.

axis: eje coordenado normal al plano alrededor del cual el grupo de puntos va a ser generado simetricamente.

X -> plano Y-Z

Y -> plano X-Z

Z -> plano X-Y

offset: magnitud de la traslación en la dirección del eje coordenado especificado.

PTGENR - PTINTCC.- Define puntos en la intersección de una curva primaria y un grupo de curvas específicas.

Sintaxis

PTINTCC, pcr, bcr, ecr, crinc.

donde:

pcr: curva primaria intersectada.

bcr: primera curva del grupo.

ecr: última curva del grupo.

crinc: incremento entre las curvas del grupo.

PTGENR - PTINTCS.- Define puntos, en la intersección de una curva, con un grupo de superficies especificadas. No genera puntos de la intersección de una curva y una superficie situados en el mismo plano.

Sintaxis

PTINTCS, pcr, bsf, esf, sfinc.

donde:

pcr: curva primaria intersectada.

bsf: primera superficie del grupo.

sfinc: incremento entre las superficies del grupo.

PTGENR - PTONCR.- Define un punto en una curva específica. La localización del punto es definida en términos de coordenadas paramétricas de la curva.

Sintaxis

PTONCR, cr, u_coord.

donde:

cr: curva sobre la cual el punto va a ser creado.

u_coord: coordenada paramétrica del punto en la curva (entre 0.0 y 1.0)

PTGENR - PTND.- Crea un punto en la localización de un nodo ya especificado.

Sintaxis

PTND, ptn, node.

donde:

ptn: número del punto.

node: número del nodo.

4.1.2 EDICION DE PUNTOS.

PTEDIT - PTIDENT.- Identifica un punto iluminándolo, mostrando su número y coordenadas. Se necesita, para usar este comando que el "PIC" esté activado.

PTEDIT - PTCOMPRESS.- Renumera los puntos de un grupo específico, continuamente sin claros.

Sintaxis

PTCOMPRESS, bkpt, ekpt, ptinc.

donde:

bkpt: primer punto del grupo.

ekpt: último punto del grupo.

ptinc: incremento entre los puntos del grupo.

PTEDIT - PTPLOT.- Muestra un grupo de puntos en la pantalla.

Sintaxis

PTPLOT, bkpt, ekpt, ptinc.

donde:

bkpt: primer punto del grupo.

ekpt: último punto del grupo.

ptinc: incremento entre los puntos del grupo.

PTEDIT - PTLIST.- Enlista los puntos de un grupo específico, con su respectivo número y sus coordenadas.

Sintaxis

PTLIST, bkpt, ekpt, ptinc.

donde:

bkpt: primer punto del grupo.

ekpt: último punto del grupo.

ptinc: incremento entre los puntos del grupo.

PTEDIT - PTDEL.- Este comando suprime, de la base de datos, todos los puntos de un grupo específico. Los puntos suprimidos pueden ser recuperados usando el comando PTUNDEL. Los puntos suprimidos no deben pertenecer a una entidad mayor.

Sintaxis

PTDEL, bkpt, ekpt, ptinc.

donde:

bkpt: primer punto del grupo.

ekpt: último punto del grupo.

ptinc: incremento entre los puntos del grupo.

PTEDIT - PTERASE.- Borra los puntos de la pantalla. Los puntos borrados continúan en la base de datos y pueden ser mostrados nuevamente

mediante PTPLOT.

Sintaxis

PTERASE, bkpt, ekpt, ptinc.

donde:

bkpt: primer punto del grupo.

ekpt: último punto del grupo.

ptinc: incremento entre los puntos del grupo.

4.2 CURVAS.

CR2CORD.- Define una línea entre 2 puntos en el espacio. Los puntos pueden ser especificados por sus coordenadas o convenientemente escogidos en una rejilla en un plano determinado. La dirección de la línea va del primero al segundo punto.

Sintaxis

CR2CORD, ncr, x1, y1, z1, x2, y2, z2.

donde:

ncr: número de la curva.

x1, y1, z1: coordenadas del punto inicial.

x2, y2, z2: coordenadas del punto final.

CRPCORD.- Crea una serie de puntos y los conecta mediante líneas rectas. Hasta 19 líneas pueden ser creadas. Los puntos pueden ser especificados por sus coordenadas o convenientemente escogidos en un rejilla de un plano predefinido. El programa recibe más puntos, hasta que un punto es seleccionado dos veces ó las coordenadas de un punto se repiten.

Sintaxis

CRPCORD, label, x(1), y(1), z(1),, x(20),
y(20), z(20)

donde:

label: número de la curva.

x(i), y(i), z(i): coordenadas del punto i.

(i= 1,2,3,, 20)

CRLINE.- Define una línea usando dos puntos predefinidos.

Sintaxis

CRLINE, ncr, pt1, pt2.

donde:

ncr: número de la curva.

pt1: punto inicial.

pt2: punto final.

CRPLINE.- Crea una polilínea conectando puntos predefinidos con líneas rectas. Los puntos se identifican con su número, ó pueden ser escogidos por el ratón si la ilustración "PIC" está activada. Hasta 20 puntos ó 19 líneas rectas pueden ser creadas. El programa recibe más puntos hasta que un punto es seleccionado dos veces ó se llega al límite de 20.

Sintaxis

CRPLINE, label, pt(1), pt(2),, pt(20).

donde:

label, número de la curva.

pt(i): punto i (i=1,2,3,, 20)

CR4P.- Crea una curva que pasa a través de 4 puntos especificados. La curva se define mediante un ajuste a un polinomio cúbico que pasa a través de estos puntos.

Sintaxis

CR4P, label, pt1, pt2, pt3, pt4.

donde:

label: número de la curva.

pt1, pt2, pt3, pt4: puntos que forman la curva.

CRARC.- Define un arco circular usando 3 puntos. Los primeros 2 puntos son los puntos finales 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 el centro; pero este debe ser definido hacia el lado del centro del arco. El radio del arco es calculado en base a $1/4$ de circunferencia entre los puntos inicial y final.

Sintaxis

CRARC, ncr, pt1, pt2, ptc, rad.

donde:

ncr: número de la curva.

pt1: punto inicial del arco.

pt2: punto final del arco.

ptc: punto hacia el centro de curvatura.

rad: radio del arco. (Podríamos cambiar el valor por omisión.)

CRCONIC.- Define un arco cónico. Un arco cónico puede ser parabólico, hiperbólico ó elíptico.

Sintaxis

CRCONIC, ncr, pt1, pt2, pt3, rho.

donde:

ncr: número de la curva.

pt1: punto inicial de la curva.

pt2: punto final de la curva.

pt3: intersección de los finales de las tangentes a los puntos finales.

rho: parámetro que especifica el tipo de arco.

= 0.5 -> parabólico.

< 0.5 -> elíptico.

> 0.5 -> hiperbólico.

CRHELIX.- Crea un arco helicoidal usando 3 puntos, un radio, un paso y un ángulo.

Sintaxis

CRHELIX, crn, center, axispt, zeropt, radius, pitch, angle, numcrv.

donde:

crn: número de la curva.

center: punto centro.

axispt: punto que determina el eje coordenado de la hélice.

punto y el centro. El ángulo del arco es igual al ángulo, entre las dos líneas rectas que conectan los puntos bordes al centro. Un nuevo punto se genera en la línea recta que conecta el centro al 2do. punto. El arco circular no pasa a través del 2do punto, a menos que los 2 puntos sean equidistates al centro.

Sintaxis

CRARCCPT, crn, tp1, pt2, center.

donde:

crn: número de la curva.

pt1: primer punto borde, pertenece al arco circular.

pt2: segundo punto borde.

center: punto centro del arco.

CIRCLES - CRARC3PT.- Crea un arco circular usando 3 puntos no-colineales. El radio es calculado para que el arco pase a través de los tres puntos.

Sintaxis

CRARC3PT, label, pt1, pt2, pt3.

donde:

label: número de la curva.

pt1, pt2: puntos finales del arco circular.

pt3: punto localizado en el arco.

CIRCLES - CRPCIRCLE.- Define un círculo en un plano predefinido.

Sintaxis

CRPCIRCLE, ncr, ptc, ptz, rad, ang, nseg.

donde:

ncr: número de la curva.

ptc: punto en el centro del círculo.

ptz: punto que define la línea de 0 grados en el plano.

rad: radio del círculo.

ang: ángulo ($0 < \theta < 360$)

nseg: número de segmentos del círculo (por omisión 1 segmento por cada 90 grados).

CIRCLES - CRPCIRDIA.- Crea un arco circular en un plano predefinido usando 2 puntos para definir el diámetro.

Sintaxis

CRPCIRDIA, label, pt1, pt2, angle, nseg.

donde:

label: número de la curva.

pt1, pt2: puntos finales del diámetro.

angle: ángulo del arco en grados.

nseg: número de segmentos en el arco a ser generado (por omisión 1 segmento por cada 90 grados).

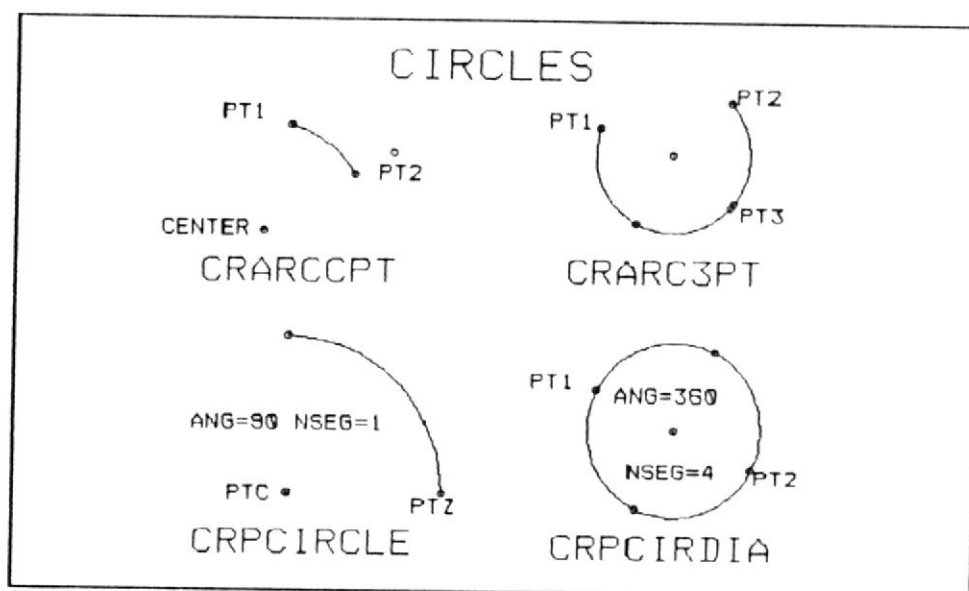


FIG. 4.2 CONSTRUCCION DE CIRCULOS.

4.2.2 GENERACION DE CURVAS ESPECIALES

SPLINES - CRSPLCORD. - Crea puntos y los conecta con Splines. Cada Spline es una ecuación cúbica

que pasa a través de dos puntos finales y satisface la compatibilidad de inclinación con otras splines. Hasta 20 puntos y 19 curvas pueden ser creadas. Los puntos pueden especificarse por sus coordenadas o convenientemente seleccionados por el ratón, si la ilustración "PIC" está activada. El programa recibe más puntos hasta que el punto es seleccionado dos veces, o las coordenadas de un punto se repiten.

Sintaxis

CRSPLCORD, label, endcc, x(1), y(1), z(1),
....., x(20), y(20), z(20).

donde:

label: número de la curva.

endcc: bandera de condición de dibujo.

0 -> spline natural.

1 -> spline no dibujado con el 1er.
punto.

2 -> spline no dibujado con el último
punto.

3 -> spline no dibujado en ambos,
primero y último punto.

x(i), y(i), z(i): coordenadas del punto i.

(i=1,2,3, ,20)

SPLINES - CRSPLINE. - Conecta una serie de puntos con splines. Hasta 20 puntos pueden ser especificados.

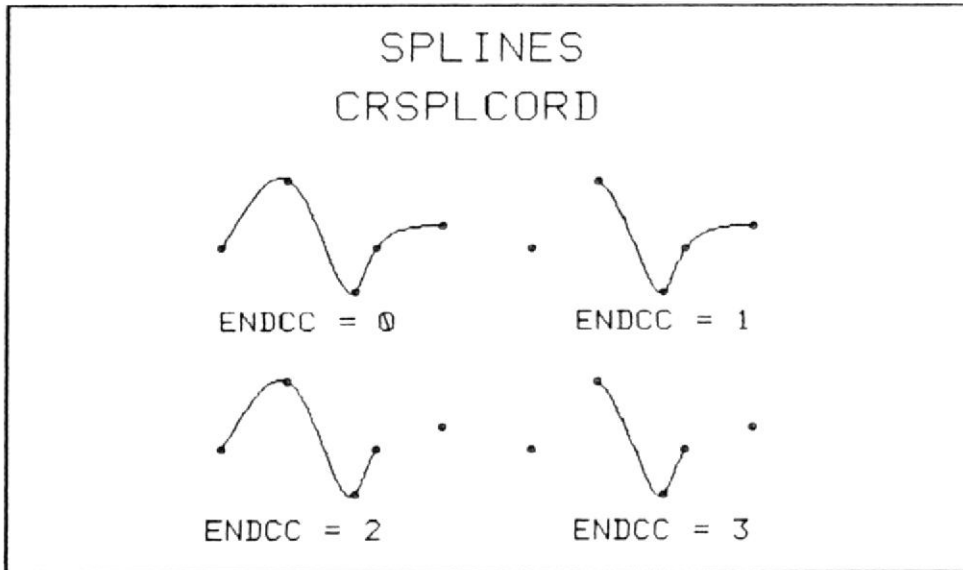


FIG. 4.3 CONSTRUCCION DE CURVAS ESPECIALES.

Sintaxis

CRSPLINE, label, endcc, pt(1), pt(2), ,
pt(20).

donde:

label: número de la curva.

endcc: bandera de condición de dibujo.

0 -> spline natural.

1 -> spline no dibujado con el primer

punto.

2 -> spline no dibujado con el último punto.

3 -> spline no dibujado con ambos, primero y último punto.

pt(i): número del punto i de la spline.

(i=1,2,3,,20).

4.2.3 MANIPULACION DE CURVAS.

CRMANIP - CREXTEND.- Alarga una curva en un final en una longitud específica. La extensión es una línea recta, en la dirección de la tangente a la curva, en el final especificado, se le asigna un nuevo número a la curva.

Sintaxis

CREXTEND, label, crtbx, pttox, length.

donde:

label: número de la curva a ser generada.

crtbx: número de la curva a alargar.

pttox: número del punto donde comienza la extensión.

length: longitud de la extensión.

CRMANIP - CRJOIN.- Junta 2 curvas en puntos específicos. Las curvas originales se juntan y no se afectan por este comando. Los factores de peso son usados como factores de escala, para la magnitud de la tangente de las curvas, en los puntos específicos. Un alto peso fuerza al cerrado de unión de la curva a la tangente de la curva original.

Sintaxis

CRJOIN, label, cr1, cr2, pt1, pt2, wt1, wt2.

donde:

label: número de la nueva curva.

cr1, cr2: primera y segunda curva a ser juntada.

pt1: punto en la curva 1 donde la curva se juntará.

pt2: punto en la curva 2 donde la curva se juntará.

wt1: factor de peso asignado a la inclinación de la primera curva (entre 1 y 10).

wt2: factor de peso asignado a la inclinación de la segunda curva (entre 1 y 10).

CRMANIP - CRFILLET.- Crea un filete circular de

un radio específico entre 2 curvas. Este comando provee la opción de cortar las curvas hacia arriba del comienzo del filete. Si el ángulo del filete es mayor a 90 grados, el filete es creado en 2 curvas.

Sintaxis

CRFILLET, label, cr1, cr2, radius, ktrim, keep.

donde:

label: número de la curva generada.

cr1, cr2: número de las 2 curvas.

radius: radio del filete a ser creado.

ktrim: bandera de corte de corte de las curvas fileteadas.

0 -> no corta.

1 -> corta ambas curvas.

keep: bandera que guarda las curvas originales.

0 -> no guarda las curvas originales, a menos que sea parte de una entidad mayor.

1 -> guarda las curvas originales.

CRMANIP - CRNORMPT.- Proyecta una normal desde un punto a una curva.

Sintaxis

CRNORMPT, label, cr, pt, break, keep.

donde:

label: número de curva de la línea a ser generado.

cr: número de la curva a la cual la normal es proyectada.

pt: número del punto desde el cual la normal es proyectada.

break: bandera que quiebra la curva original en el punto de intersección con la normal:

0 -> no quiebra la curva original.

1 -> quiebra la curva original en 2 segmentos, en el punto de intersección.

keep: bandera que guarda la curva original.

0 -> borra la curva original.

1 -> guarda la curva original.

CRMANIP - CRBRK.- Genera curvas adicionales a un grupo de curvas por quebrado de cada curva en un número de segmentos uniformes.

Sintaxis

CRBRK, bcr, ecr, incr, nseg, keep.

donde:

bcr: primera curva del grupo.

ecr: última curva del grupo.

incr: incremento entre las curvas del grupo.

nseg: número de segmentos.

keep: bandera que guarda las curvas originales.

0 -> no guarda las curvas originales a menos que sean parte de una entidad mayor.

1 -> guarda las curvas originales.

CRMANIP - CRNUBRK.- Genera curvas adicionales de un grupo de curvas, por quebrado de curvas en un número de segmentos, acorde a coordenadas paramétricas específicas.

Sintaxis

CRNUBRK, bcr, ecr, incr, nseg, upar(1),, upar(nseg-1), keep.

donde:

bcr: primera curva del grupo.

ecr: última curva del grupo.

incr: incremento entre las curvas del grupo.

nseg: número de segmentos.

upar(i): coordenada paramétrica para el punto

i (nseg-1 coordenadas paramétricas deben ser definidas en orden ascendente).

keep: bandera que guarda las curvas originales.

0 -> no guarda las curvas originales,

a menos que sean parte de una entidad mayor.

1 -> guarda las curvas originales.

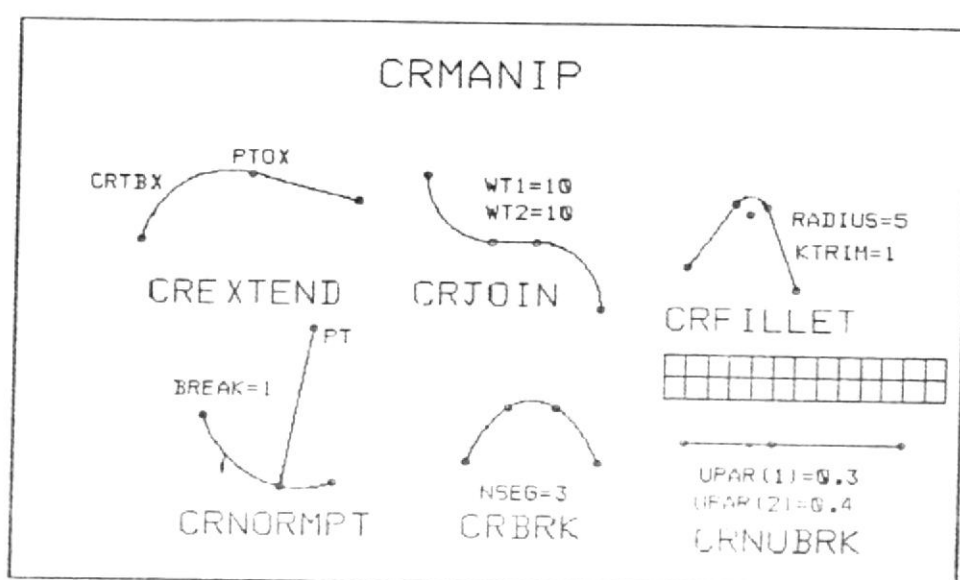


FIG. 4.4 MANIPULACION DE CURVAS.

4.2.3 GENERACION DE CURVAS.

CRGENR = CREXTR.- Defina un grupo de líneas por extrusión de puntos, a lo largo de un eje coordenado del sistema de coordenadas cartesianas activo.

Sintaxis

CREXTR, bkpt, ekpt, incr, axis, length.

donde:

bkpt: primer punto del grupo.

ekpt: último punto del grupo.

incr: incremento entre los puntos del grupo.

axis: eje coordenado de extrusión.

length: longitud de la extrusión.

CRGENR - CRRLOC.- ver PTRELOC.

CRGENR - CRFLIP.- ver PTFLIP.

CRGENR - CRGEN.- Ver PTGEN.

CRGENR - CRSCALE.- Genera un grupo de curvas desde un grupo existente a escala, trasladando y rotando éstas relativas al sistema de coordenadas activo.

Sintaxis

CRSCALE, bcr, ecr, incr, flag, x_scal, y_scal, z_scal, x_trans, y_trans, z_trans, theta_x, theta_y, theta_z.

donde:

bcr: primera curva del grupo.

ecr: última curva del grupo.

incr: incremento entre las curvas del grupo.

flag: bandera de generación.

0 -> para traslación.

1 -> para rotación.

x_scal, y_scal, z_scal: factores de escala.

x_trans, y_trans, z_trans: magnitud de la traslación en el sistema de coordenadas activo.

theta_x, theta_y, theta_z: magnitud de la rotación (en grados), en el sistema de coordenadas activo.

CRGENR - CRSYM.- Ver PTSYM.

CRGENR - CRINTCC.- Define segmentos en una curva primaria, resultado de la intersección de esta, con un grupo de curvas.

Sintaxis

CRINTCC, pcr, bcr, ecr, crinc, break.

donde:

pcr: curva primaria.

bcr: primera curva del grupo de intersección.

ecr: última curva del grupo de intersección.
 crinc: incremento entre las curvas del grupo.
 break: bandera del tipo de segmento.

0 -> segmento en curva primaria.

1 -> segmento en el grupo de curvas.

2 -> segmento en todas las curvas.

CRGENR - CRINTSC.- Define puntos en la intersección de una superficie primaria con una grupo de curvas. Cada curva es quebrada en la intersección con la superficie, si esta curva existe.

Sintaxis

CRINTSC, psf, bcr, ecr, crinc.

donde:

psf: superficie primaria intersectada.

bcr: primera curva de intersección del grupo.

ecr: última curva de intersección del grupo.

crinc: incremento entre las curvas del grupo.

CRGENR - CRINTSS.- Define curvas, resultado de la intersección de una superficie primaria con un grupo específico de superficies.

Sintaxis

CRINTSS, psf, bsf, esf, sfinc, tol.

donde:

psf: superficie primaria de intersección.

bsf: primera superficie del grupo.

esf: última superficie del grupo.

sfinc: incremento entre las superficies del grupo.

tol: tolerancia de convergencia. Puede ser cambiado si el nivel de exactitud deseado es mayor.

CRGENR - CRONSF.- Define una curva en una superficie específica, en el espacio entre dos puntos que se ubican en la superficie. Se puede emplear dos métodos.

Sintaxis

CRONSF, start_pt, end_pt, surf, method.

donde:

start_pt: punto inicial de la curva.

end_pt: punto final de la curva.

surf: número de la superficie en la cual la curva será definida.

method: método usado para determinar la curva.

0 -> la curva se determina por la interpolación de 2 puntos intermedios a 1/3 de la distancia en coordenadas paramétricas.

1 -> la curva tiene la inclinación final, especificada por los puntos finales en la superficie. Define la curva por minimización de error, es el método más exacto.

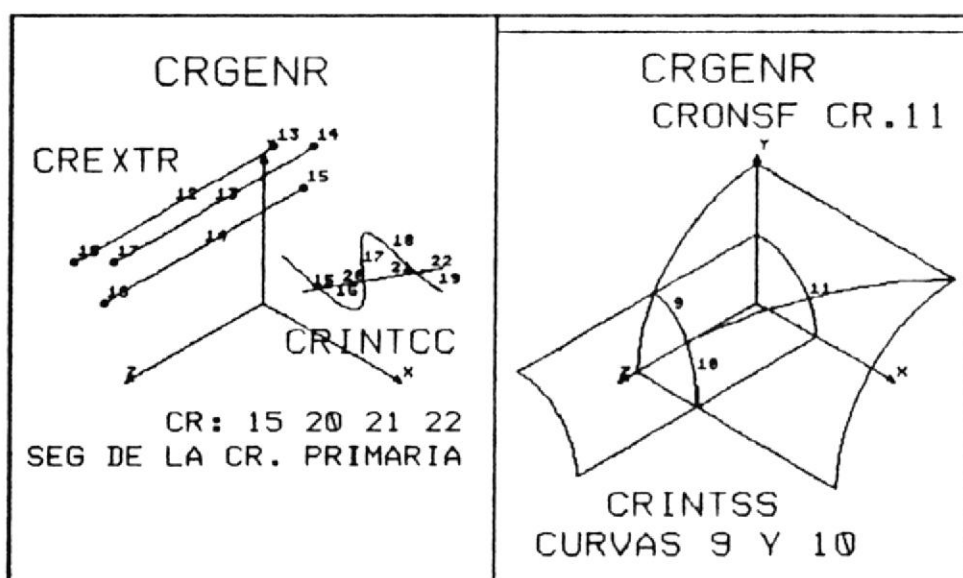


FIG. 4.5 GENERACION DE CURVAS.

4.2.4 EDICION DE CURVAS.

Ver comandos de edición (pag 66).

4.3 SUPERFICIES

SF3CORD.- Defina una superficie de 3 lados en el espacio. Los puntos pueden especificarse por sus coordenadas, o convenientemente escogidos por el ratón, en una rejilla predefinida si la ilustración "SNAP" está activada.

Sintaxis

SF3CORD, label, x1, y1, z1, x2, y2, z2, x3, y3, z3.

donde:

label: número de la superficie.

x1, y1, z1: coordenadas del primer punto.

x2, y2, z2: coordenadas del segundo punto.

x3, y3, z3: coordenadas del tercer punto.

SF4CORD.- Defina una superficie de 4 lados uniendo 4 puntos. Los puntos son identificados por sus coordenadas, o convenientemente escogidos por el ratón, en una rejilla predefinida.

Sintaxis

SF4CORD, label, x1, y1, z1, x2, y2, z2,x4, y4, z4.

donde:

label: número de la superficie.

x1, y1, z1: coordenadas del primer punto.

x2, y2, z2: coordenadas del segundo punto.

x3, y3, z3: coordenadas del tercer punto.

x4, y4, z4: coordenadas del cuarto punto.

SF4PT.- Define una superficie de 4 lados, formados por la unión de 4 puntos. Si una superficie es especificada, los puntos deberán ser unidos por curvas situadas en esta superficie, de otro modo, los puntos deberán unirse con líneas rectas. Se recomienda emplear el comando PTONSF para crear puntos sobre una superficie.

Sintaxis

SF4PT, label, pt1, pt2, pt3, pt4, usf.

donde:

label: número de la superficie.

pt(i): punto i (i=1,2,3,4).

usf: superficie sobresituada.

0 -> los puntos se conectan por líneas rectas.

N -> los puntos se conectan por curvas situadas sobre la superficie N.

SFPTCR.- Define una superficie de 3 lados, especificando una curva de borde y el vértice opuesto. Si una superficie es especificada, los finales de la curva y el vértice se unen, mediante curvas situadas en esta.

Sintaxis

SFPTCR, label, bcr, vtx, usf.

donde:

label: número de la superficie.

bcr: número de la curva borde.

vtx: punto vértice opuesto a la curva borde.

usf: superficie sobresituada.

0 -> finales de la curva son conectados con el vértice, mediante líneas rectas.

N -> finales de la curva son conectados con el vértice, por curvas situadas en la superficie N.

SF2CR.- Define una superficie de 4 lados especificando 2 lados de la superficie, los otros 2 lados de la superficie son formados uniendo los puntos finales. GEOSTAR alinea las curvas creando una superficie factible. Si una superficie se especifica las curvas

deben estar situadas en esta.

Sintaxis

SF2CR, label, cr1, cr2, usf.

donde:

label: número de la superficie.

cr1: curva borde 1.

cr2: curva borde 2.

usf: superficie sobresituada.

0 -> finales de las curvas son
conectados por líneas rectas.

N -> finales de las curvas son
conectados por curvas situadas en la
superficie N.

SF4CR.- Define una superficie de 4 lados usando 4 curvas de borde. Las 4 curvas deben formar un lazo cerrado. Si una superficie es especificada, las curvas deben estar situadas en esta.

Sintaxis

SF4CR, label, cr1, cr2, cr3, cr4, usf.

donde:

label: número de la superficie a crear.



cr1, cr2, cr3, cr4: curvas de borde.

usf: superficie sobresituada.

N -> curvas situadas en la superficie

N.

0 -> superficie no forzada.

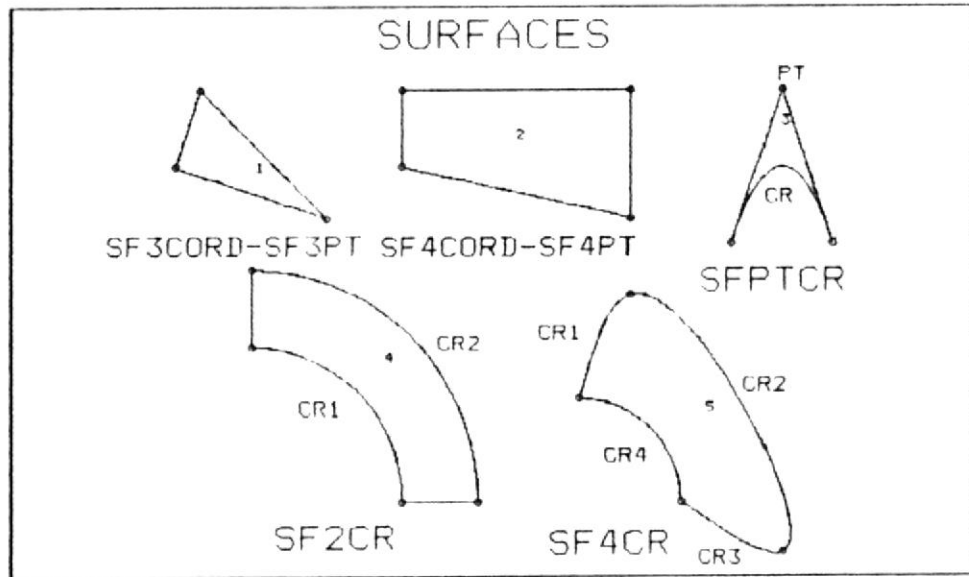


FIG. 4.6 CONSTRUCCION DE SUPERFICIES.

4.3.1 MANIPULACION DE SUPERFICIES

SFMANIP - SFREORNT.- Reorienta un grupo de superficies. Una superficie se orienta de acuerdo a la regla de la mano derecha.

Sintaxis

SFREORNT, bsf, esf, sfinc.

donde:

bsf: primera superficie del grupo.

esf: última superficie del grupo.

sfinc: incremento entre las superficies del grupo.

SFMANIP - SFREPAR.- Reparametriza una superficie. La primera curva direccional de la superficie es cambiada por una curva especificada.

Sintaxis

SFREPAR, nsf, ncr.

donde:

nsf: número de la superficie a reparametrizar.

ncr: número de la curva direccional.

SFMANIP - SFFILLET.- Crea un filete circular de un radio específico entre 2 superficies. También provee la alternativa de cortar las superficies arriba del comienzo del filete.

Sintaxis

SFFILLET, label, sf1, sf2, radius, ktrim, keep.

donde:

label: número de la superficie filete a ser creada.

sf1, sf2: número de las 2 superficies.

radius: radio del filete a ser creado.

ktrim: bandera de corte:

0 -> no corta.

1 -> corta ambas superficies.

keep: bandera que guarda las superficies originales:

0 -> no guarda las superficies a menos que sean parte de una entidad mayor.

1 -> guarda las superficies.

SFMANIP - SFBRK.- Quebra una superficie en 2 ó 4 superficies, especificando los valores de las coordenadas paramétricas del punto de quiebre, el cual, necesariamente, debe estar situada en la superficie.

Sintaxis

SFBRK, sfn, pcu, pcv, keep.

donde:

sfn: superficie a quebrar.

pcu, pcv: primera y segunda coordenadas

paramétricas del punto de quiebre (entre 0.0 y 1.0). Si alguna de las coordenadas es 0.0 la superficie se quiebra en 2.

keep: bandera que guarda la superficie original.

0 -> suprime la superficie original.

1 -> guarda la superficie original.

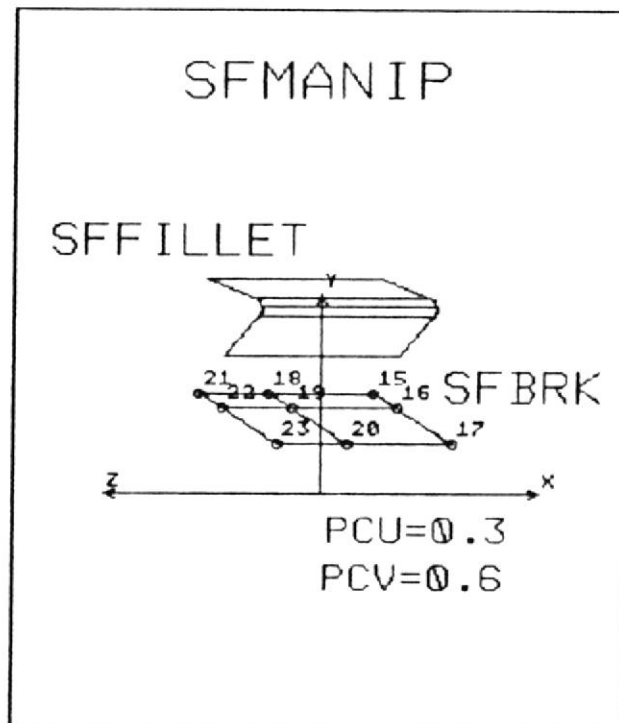


FIG. 4.7 MANIPULACION DE SUPERFICIES.

4.3.2 GENERACION DE SUPERFICIES.

SFGENR - SFEXTR.- Define una superficie por extrusión de curvas a lo largo de un eje

coordenado específico en el sistema de coordenadas activo, definiendo la longitud de extrusión.

Sintaxis

SFEXTR, bcr, ecr, incr, axis, length.

donde:

bcr: primera curva del grupo.

ecr: última curva del grupo.

incr: incremento entre las curvas del grupo.

axis: eje coordenado de extrusión (X, Y ó Z).

length: longitud de la extrusión.

SFGENR - SFSWEEP.- Define una superficie, al barrer unas curvas alrededor de un eje coordenado en el sistema de coordenadas activo, se especifica 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

SFSWEEP, bcr, ecr, incr, axis, ang, nseg.

donde:

bcr: primera curva del grupo.

ecr: última curva del grupo.

incr: incremento entre las curvas del grupo.

axis: eje coordenado alrededor del cual se realiza el barrido.

ang: ángulo de barrido en grados.

nseg: número de segmentos por arco circular (por omisión 1 segmento por cada 90 grados).

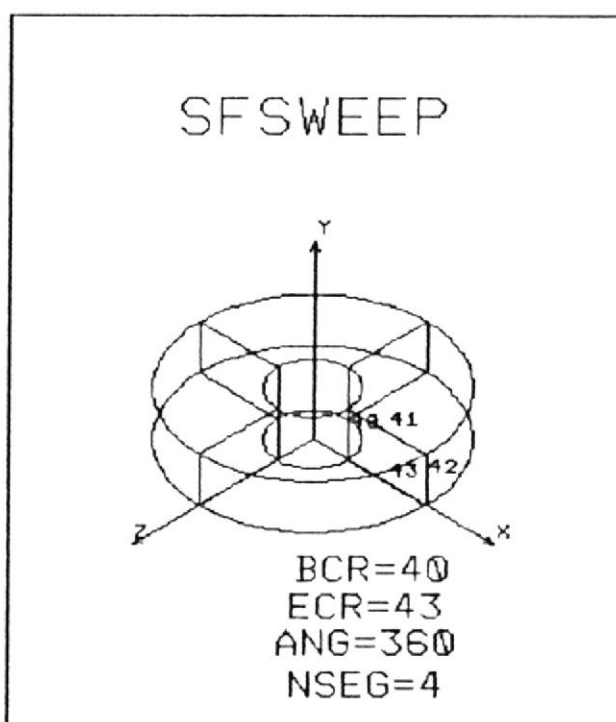


FIG. 4.8 BARRIDO DE SUPERFIE (SFSWEEP).

SFGENR - 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. El número de superficies generadas es igual al número de curvas perfil, multiplicada por el número de curvas en el grupo. Se recomienda usar SFEXTR cuando sea posible.

Sintaxis

SFDRAG, cr1, cr2, crinc, nprofc, pcr(1),
....., pcr(6).

donde:

cr1: primera curva del grupo.

cr2: última curva del grupo.

crinc: incremento entre las curvas del grupo.

nprofc: número de curvas del perfil.

pcr(i): curva i del perfil. Las curvas deben especificarse en orden, y deben formar un continuo.

SFGENR - SFRELOC.- ver PTRELOC.

SFGENR - SFMOVE.- ver PTMOVE.

SFGENR - SFRESIZ.- ver CRRESIZ.

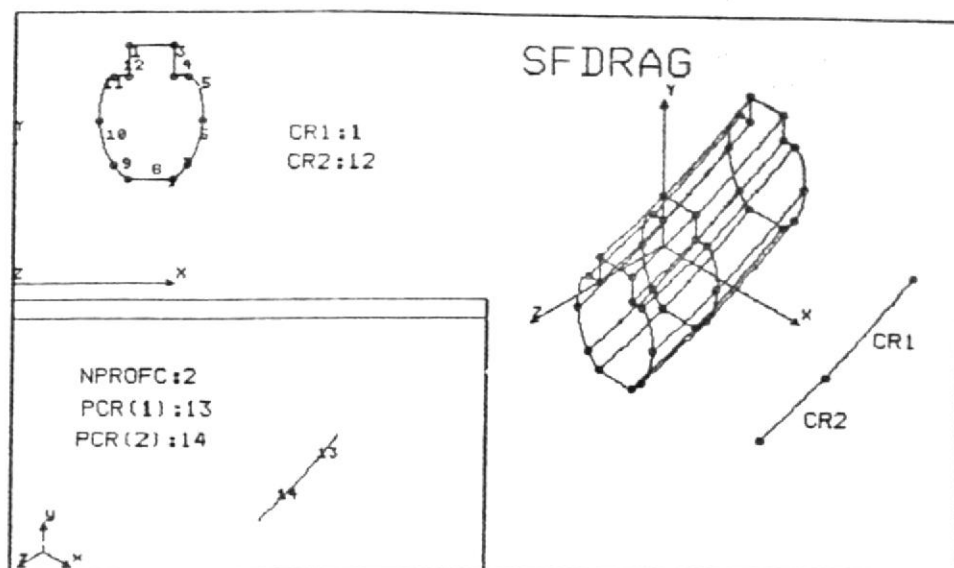


FIG. 4.9 ARRASTRE DE SUPERFICIE (SFDRAG).

SFGENR - SFFLIP.- ver PTFLIP.

SFGENR - SFGEN, SFCOPY, SFSYM.- ver PTGEN,
PTCOPY, PTEYM.

4.3.3 EDICION DE SUPERFICIES.

Ver comandos de edición (pag. 66).

4.4 VOLUMENES.

VL8PT.- Define un volumen mediante 8 puntos vértices. Los puntos pueden ser escogidos por el ratón, si el "PIC" icon está activado, antes de trabajar con este comando.

Sintaxis

VL8PT, label, npt, pt(1), pt(2), pt(3),, pt(8).

donde:

label: número del volumen.

npt: número de puntos (deber ser 8).

pt(i): punto vértice i (i=1,2,3,,8).

VL4CR.- Define un volumen especificando 4 curvas de lado. 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 automático previene el cruce entre ellas.

Sintaxis

VL4CR, label, cr(1), cr(2), cr(3), cr(4), align.

donde:

label: número del volumen.

cr(i): curva i (i=1, 2, 3, 4).

align: bandera de alineamiento automático.

0 -> no usa alineamiento automático.

1 -> usa alineamiento automático.

VLCRSF.- Define un volumen especificando una curva y

una superficie. El volumen es construido conectando el comienzo y final de la curva, al comienzo y final de la primera curva paramétrica, respectivamente. Así con las siguientes curvas de la superficie. Un alineamiento automático se puede emplear.

Sintaxis

VLCRSF, label, cr, sf, align.

donde:

label: número del volumen.

cr: número de la curva.

sf: número de la superficie.

align: bandera de alineamiento automático.

0 -> no usa alineamiento automático.

1 -> usa alineamiento automático.

4.4.1 GENERACION DE VOLUMENES.

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

Sintaxis

VLEXTR, sf1, sf2, incr, axis, length.

donde:

sf1: primera superficie del grupo.

sf2: última superficie del grupo.

incr: incremento entre las superficies del grupo.

axis: eje coordenado de la extrusión (X, Y ó Z).

length: longitud de la extrusión.

VLGENR - VLSWEEP.- Define un volumen por barrido de superficies, alrededor de un eje coordenada en el sistema de coordenadas activo, especificando un ángulo de barrido. El número de volúmenes generado, dependerá del número de segmentos especificados, se recomienda un segmento por 90 grados de barrido.

Sintaxis

VLSWEEP, sf1, sf2, incr, axis, ang, nseg.

donde:

sf1: primera superficie del grupo.

sf2: última superficie del grupo.

incr: incremento entre las superficies del grupo.

axis: eje coordenado alrededor del cual se

realiza el barrido.

ang: ángulo de barrido en grados.

nseg: número de segmentos por arco circular
(por omisión 1 segmento por cada 90 grados).

VLGENR - 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 primera derivada continua. Las curvas deben ser especificadas en orden y deben formar un grupo continuo.

Sintaxis

VLDRAG, sf1, sf2, sfinc, nprof, pcr(1),
....., pcr(6).

donde:

sf1: primera superficie del grupo.

sf2: última superficie del grupo.

sfinc: incremento entre las superficies del grupo.

nprof: número de curvas perfil.

pcr(i): curva perfil i.

VLGENR - VLRELOC, VLMOVE, VLFLIP, VLGEN,

VLCOPY, VLSYM.- ver comandos de generación de puntos.

4.4.3 EDICION DE VOLUMENES.

Ver comandos de edición (pag 66).

4.5 CONTORNOS.

CT.- Define un contorno de densidad uniforme (tamaño del elemento), usando curvas de referencia; hasta 20 curvas de referencia pueden utilizarse. Una curva es suficiente, para identificar un contorno, si ya existe una alternativa de trayectoria. El comando ejecuta un chequeo de lazo cerrado y si el lazo no cierra, el contorno no es creado.

Sintaxis

CT, ctn, mflag, esize/enum, crnum, cr(1), cr(2),..., cr(20).

donde:

ctn: número de contorno.

mflag: bandera de malla.

0 -> el mallado es hecho especificando el tamaño promedio del elemento.

1 -> el mallado es hecho especificando el número de elemento en el borde.

esize/enum: tamaño promedio del elemento, si mflag =0, ó número de elementos en cada curva, si mflag =1.

crnum: número de curvas de referencia para definir el contorno.

cr(i): número de la curva de referencia i.

Ejemplo No.1: CT,1,0,6,0,5,1,2,3,4,5, (tomando como referencia el tamaño promedio del elemento).

Este comando define el contorno No.1, usando 5 curvas numeradas del 1 al 5. Un tamaño promedio del elemento de 6 es usado para un futuro mallado. El contorno definido podría tener más de 5 curvas.

Ejemplo No.2: CT,2,1,10,4,1,2,3,4, (tomando como referencia el número de elementos en el contorno).

Este comando define el contorno No.2, usando 4 curvas numeradas del 1 al 4. Se especifican 10 elementos para todo el contorno en un futuro mallado. El contorno definido podría tener más de 4 curvas.

CTNU.- Define un contorno, o parte de un contorno, con densidad no uniforme usando curvas específicas. Esto

permite especificar el número deseado de elementos por cada curva miembro. Todas las curvas que forman el contorno deben especificar su correspondiente densidad (número de elementos). El límite de curvas es de 20. El comando no ejecuta un chequeo de lazo cerrado.

Sintaxis

CTNU, ctn, ctnum, cr(1), nlmnt(1),, cr(2),
nlmnt(20).

donde:

ctn: número del contorno.

ctnum: número de líneas que definen el contorno o parte de este.

cr(i): número de la curva i para definir el contorno
(i=1, 2,, 20).

nlmnt(i): número de elementos en la curva i (i=1, 2,
3,...,20)

Ejemplo: CTNU,3,5,1,6,2,5,3,4,4,8,5,5.

Este comando define el contorno No.3 usando 5 curvas, numeradas del 1 al 5. Se especifican 6 elementos en la curva 1, 5 elementos en la curva 2, 4 elementos en la curva 3, 8 elementos en la curva 4 y 5 elementos en la curva 5.

CTDENSITY.- Este comando reajusta, el tamaño promedio del elemento, para todos los contornos de un grupo específico.

Sintaxis

CTDENSITY, bct, ect, ctinc, esize.

donde:

bct: primer contorno del grupo.

ect: último contorno del grupo.

ctinc: incremento entre los contornos del grupo.

esize: tamaño promedio del elemento.

Ejemplo: CTDENSITY,1,4,1,6,0

Este comando reajusta el tamaño promedio del elemento de los contornos 1 al 4 en un valor de 6.0.

4.5.1 COMANDOS DE EDICION.

Ver comandos de edición de puntos (pag 66).

4.6 REGIONES.

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

Sintaxis

RG, rgn, nct, oct, ict(i), ict(2),, ict(19).

donde:

rgn: número de la región.

nct: número de contornos que usaremos para definir la región. (por omisión 1 contorno exterior).

oct: número de contorno exterior.

ict(i): contorno i interior.

Ejemplo: RG,1,3,1,2,3.

Este comando define la región No.1 usando 3 contornos. El contorno No.1 es el contorno exterior para la región y, los contornos 2 y 3 son contornos interiores para la misma región.

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

Sintaxis

RGDENSITY, brg, erg, rginc, esize.

donde:

brg: primera región del grupo.

erg: última región del grupo.
 rginc: incremento entre las regiones del grupo.
 esize: tamaño promedio del elemento a ser usado en la posterior malla del elemento.

Ejemplo: RGDENSITY,1,5,1,5,0.

Este comando reajusta a 5 el tamaño promedio de todos los contornos asociados con las regiones 1 a 5. Este valor será usado más tarde, cuando se proceda a mallar la región con el comando MA_RG.

4.6.1 COMANDOS DE EDICION.

Ver comandos de edición de puntos (pag 66).

4.7 SISTEMA DE COORDENADAS.

CSYS.- Define un sistema local de coordenadas basado en 3 puntos. Este sistema se convierte en el sistema activo de coordenadas.

Sintaxis

CSYS, label, cstyp, pto, ptx, pty.

donde:

label: número del sistema coordenado (debe estar entre 3 y 500).

cstyp: tipo del sistema local de coordenadas.

0 -> sistema cartesiano.

1 -> sistema cilíndrico.

2 -> sistema esférico.

pto: punto en el origen del sistema de coordenadas.

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

pty: punto en el plano X-Y del nuevo sistema de coordenadas.

Ejemplo: CSYS,3,0,1,2,3.

Este comando define un sistema local de coordenadas asignado con el No.3: el punto No.1 es el origen del sistema, el punto No.2 se encuentra en el eje X del sistema y el punto 3 en el plano X-Y del sistema local de coordenadas.

CSANGL.- Define una sistema local de coordenadas basado en la localización del origen del sistema y la rotación de cada uno de los ejes coordenados. El sistema definido se convierte en el sistema activo de coordenadas.

Sintaxis

CSANGL, label, cstyp, org_x, org_y, org_z, rot_x,
rot_y, rot_z.

donde:

label: número del sistema coordenado (entre 3 y 500)

cstyp: tipo del sistema local de coordenadas.

0 -> sistema cartesiano.

1 -> sistema cilíndrico.

2 -> sistema esférico.

org_x, org_y, org_z: coordenadas del origen del
sistema local de coordenadas.

rot_x, rot_y, rot_z: rotación de los ejes coordenados
del sistema local de coordenadas.

Ejemplo: CSANGL,4,0,5,0,5,30.0,0,0.

Este comando define un sistema local de coordenadas
asignado al No.4, con el origen en X=5, Y=0, Z=5 y una
rotación de 30 grados alrededor del eje X en el
sistema global de coordenadas.

CSPLOT, CSLIST, CSDDEL, CSERASE.- Ver comandos de
edición (pag 66).



CAPITULO V

GRUPO DE ELEMENTOS, MATERIALES Y CONSTANTES REALES.

Estos comandos seleccionan el grupo de elementos, material y constantes reales asociadas con el elemento. El menú principal contiene, entre otros comandos: Egroup, Mprop, Rconst y sus respectivos comandos de edición.

5.1 GRUPO DE ELEMENTOS.

EGROUP.- Este comando define un grupo de elementos. Se ofrecerá mayor detalle sobre la utilización de los elementos en el capítulo LIBRERIA DE ELEMENTOS Y MATERIALES.

Sintaxis.

EGROUP: group_number, element_name, option(i).

donde:

group_number: Se identifica el grupo de elementos mediante un No. arbitrario entre 1 y 20.

element_name: Nombre de los elementos definidos en este grupo. Los nombres válidos son:

TRUSS2D, TRUSS3D, BEAM2D, BEAM3D, PIPE, ELBOW, BOUND, SPRING, MASS, GENSTIF, PLANE2D, SHELL1X, SHELL3T, SHELL4T, SHELL3L, SHELL4L, SHELL3, SHELL4, SOLID, RLINK, CLINK, ELINK, HLINK, GAP, FLOW2D, FLOW3D, SHELL9, TETRA4, TETRA10, SHELL9L.

option(i): define la formulación a emplear en la resolución del problema, tipo de material, etc. Las opciones correspondientes, a ciertos grupos de elementos, se detallarán en el capítulo de LIBRERIA DE ELEMENTOS Y MATERIALES.

Ejemplo: EGROUP,1,TRUSS2D,,,,,,,,

Este comando define el grupo de elementos TRUSS2D asignado con el número 1. Se acepta los valores por omisión, para las opciones de este grupo de elementos.

Esta sección se complementará en el capítulo LIBRERIA DE ELEMENTOS Y MATERIALES.

EGLIST.- Enlista el set corriente del grupo de elementos.

Sintaxis

EGLIST, beg, eeg, eginc.

donde:

beg: primer grupo de elementos a ser enlistado.

eeg: último grupo de elementos a ser enlistado.

eginc: incremento en el número del grupo a enlistar.

EGDEL.- Suprime grupo(s) de elemento(s) desde la base de datos.

Sintaxis

EGLIST, eg1, eg2, eginc.

donde:

eg1: primer grupo de elementos a suprimir.

eg2: último grupo de elementos a suprimir.

eginc: incremento en el número del grupo a suprimir.

5.2 MATERIALES.

MPROP.- Define las propiedades estructurales y térmicas para un material. Las propiedades de entrada para cada elemento se enlistará en el capítulo LIBRERIA DE ELEMENTOS Y MATERIALES.

Sintaxis

material_set, property_name, property_value.

donde:

material_set: Se identifica un grupo de materiales mediante un número arbitrario entre 1 y 20.

property_name: nombre de la propiedad del material.

property_value: magnitud de la propiedad (por omisión 0).

Ejemplo: MPROP,1,EX,30E6.

Este comando define el grupo de materiales No.1, la propiedad es el módulo de elasticidad en la dirección X, cuyo valor es 30E06 lbf/pul².

PICK_MAT.- Selecciona un material desde una librería de materiales; esta definición es automática y provee de propiedades estructurales o térmicas. Al material escogido se le asigna un número de grupo de materiales.

Sintaxis

PICK_MAT, mat_set, mat_name, units.

donde:

mat_set: número del grupo de materiales (limitado a 20).

mat_name: nombre del material seleccionado. Los

materiales a escoger son:

W_COOPER: cobre forjado. T_BRONZE: bronce estaño.
BRASS: bronce. GC_IRON: hierro fundido gris.
MC_IRON: hierro fundido maleable. A_STEEL: aleación
de acero. PC_STEEL: plancha de acero al carbono.
CS_STEEL: acero fundido inoxidable. CA_STEEL:
aleación de acero colado. WS_STEEL: acero inoxidable
forjado. ALUMINIUM: aleación aluminio. MAGNES:
aleación de magnesio. D_NICKEL: aleación de níquel
(duraniquel 301).

units: unidades en las cuales se definen las
propiedades.

FPS -> sistema inglés de unidades. (plg, lbf, s.)

SI -> sistema internacional. (m, kgm, s.)

MKS -> sistema metrico de unidades. (cm, kgf, s.)

MLIST.- Ver EGLIST.

MDEL.- Ver EGDEL.

5.3 CONSTANTES REALES.

RCONST.- Define las propiedades geométricas, o
constantes reales, para un grupo de elementos
específico.

Sintaxis

RCONST, egroup, n_set, slcnst, ncnst, const1,,
constn.

donde:

egroup: número del grupo de elementos asociado con las
constantes reales.

nset: un número arbitrario entre 1 y 100 para
identificar el grupo de constantes.

slcnst: ubicación inicial de la primera constante. Se
utiliza para saltar constantes no usadas.

ncnst: número de constantes a ingresar.

const1,, constn: valor de la constante real.

**Las propiedades geométricas, o las constantes reales
para ciertos elementos, se detallarán en el capítulo
de LIBRERIA DE ELEMENTOS Y MATERIALES.**

Ejemplo: RCONST,2,1,1,1,40

Este comando define una constante real asociada al
grupo de elementos No.2. El grupo de constantes
reales es el No.1, y el valor de esta constante es 40.

PICK_SET.- Escoge las propiedades seccionales para
elementos viga, desde tablas de vigas estandar del

código de la A.I.S.C.. Los valores dim1, dim2 y dim3 identifican la sección de acuerdo al código A.I.S.C.. La definición de coordenadas locales x, y, z es diferente para GEOSTAR y el código A.I.S.C..

Sintaxis

PICK_SEC, rc_set, sec_name, dim1, dim2, dim3.

donde:

rc_set: número del grupo de constantes reales o propiedades geométricas.

sec_name: sección de la A.I.S.C.. Las admisibles son: WBEAM, MBEAM, HPBEAM, SBEAM, CBEAM, MCBEAM, ANGLE, RANGLE.

dim1: profundidad de la sección en la dirección Y usada en el código de la A.I.S.C.. Para una sección ángulo, es la longitud del brazo en la dirección Y.

dim2: peso nominal por pie de la sección de acuerdo al código A.I.S.C.. Para una sección ángulo este valor es usado como la longitud en la dirección X.

dim3: espesor de la sección, de acuerdo al código A.I.S.C., usado solamente para secciones ángulo.

RCLIST.- ver EGLIST.

RCDEL.- Ver EGDEL.

CAPITULO VI

GENERACION DE MALLAS

Estos comandos crean la malla de elementos finitos para el modelo geométrico. Dependiendo del tipo de entidad creada, Ud. puede generar distintos tipos de malla.

6.1 GENERACION PARAMETRICA (PARAM_MESH).

M_PT.- Genera una malla de elementos finitos, consistente en elementos masa, con sus correspondientes nodos, partiendo de un grupo de puntos.

Sintaxis

M_PT, bkpt, ekpt, kptincr.

donde:

bkpta: primer punto del grupo.

ekpt: último punto del grupo.

kptincr: incremento entre los puntos del grupo.

M_CR.- Genera una malla de elementos finitos

consistente en elementos barra o viga para un grupo de curvas.

Sintaxis

M_CR, bcr, ecr, crinc, numnod, numel, spacing,
kptbeam.

donde:

bcr: primera curva del grupo.

ecr: última curva del grupo.

crinc: incremento entre las curvas del grupo.

numnod: número de nodos por elemento. Este valor puede ser 2 o 3. Si es 3, se genera un elemento viga (por omisión 3).

numel: número total de elementos en la curva.

spacing: razón de espacio entre los últimos 2 nodos al espacio entre los primeros 2 nodos en la curva.

kptbeam: punto que define el 3er. nodo para el elemento BEAM3D; este situa el eje principal de la viga. Aparece cuando numnod es igual a 3.

Ejemplo: M_CR,2,3,,4,1.5.

Este comando define 5 nodos en cada una de la curvas 2 y 3. La razón de espacio entre el 4to. y 5to. nodo al 1ro. y 2do. es 1.5. Cuatro elementos por curva son

generados. Los elementos pueden ser TRUSS2D ó BEAM2D de acuerdo al grupo de elementos definido.

M_SF.- Crea elementos finitos para todas las superficies de un grupo. La malla consiste de 3 ó 6 nodos en elementos triangulares, ó 4 u 8 en elementos cuadriláteros. Los elementos planos deben usarse únicamente cuando la superficie es plana en el plano X-Y.

Sintaxis

M_SF, bsf, esf, sfincr, numnod, numel1, numel2, spacing1, spacing2.

donde:

bsf: primera superficie del grupo.

esf: última superficie del grupo.

sfincr: incremento entre las superficies del grupo.

numnod: número de nods por elemento. Puede ser 3, 4, 6, 8 para generar elementos PLANE2D o SHELL (por omisión 4).

numel1, numel2: número de elementos en la primera y segunda curva paramétrica de la superficie (por omisión 2).

spacing1, spacing2: razón de espacio en la primera y segunda curva paramétrica de la superficie. El valor

por omisión de 1 genera elementos de igual tamaño.

Ejemplo: `M_SF,1,3, ,8,6,6,1,1,`

Este comando malla la superficie 1 a la 4 con elementos de 8 nodos cuadriláteros, 6 elementos se generan en las dos curvas paramétricas y los nodos son espaciados uniformemente en estas.

Si la superficie 1 es de 4 lados, un total de 36 elementos y 133 nodos son generados.

M_VL.- Crea una malla de elementos finitos para un grupo de volúmenes, sean estos sólidos o tetrahedros.

Sintaxis

`M_VL, bvl, evl, vlincr, numnod, numel1, numel2, numel3, spacing1, spacing2, spacing3.`

donde:

`bvl, evl, vlincr:` primero, último e incremento entre los volúmenes del grupo.

`numnod:` número de nodos por elemento (por omisión 8).

Puede ser de 8 a 20 para la generación de elementos sólidos, o 4 ó 10 para la generación de elementos tetrahedro.

`numel1, numel2, numel3:` número de elementos en las

coordenadas paramétricas del volumen.

spacing1, spacing2, spacing3 (por omisión 1): razón de espacio entre los últimos 2 nodos al espacio entre los primeros dos nodos en la respectiva coordenada paramétrica.

Ejemplo: M_VL,1,3,1,,3,3,3,,,

Este comando realiza la malla con elementos sólido para los volúmenes 1 a 3, tres elementos en cada curva paramétrica se colocan y los valores por omisión de 8 nodos por elemento y la razón de espacio de 1 son aceptados.

MPTDEL, MCRDEL, MSFDEL, M_VLDEL.- Suprime los elementos y sus correspondientes nodos, asociados con cualesquiera de las entidades de un grupo.

6.2 GENERACION AUTOMATICA (AUTO-MESH).

MA_RG.- Crea una malla de elementos finitos consistente en elementos triangulares de 3 nodos para cada región de un grupo. La generación de elementos triangulares puede ser reemplazada por una malla de 4 u 8 nodos cuadrilateros, o 6 ó 9 nodos triangulares por el uso del comando MRGCH.

Sintaxis

MA_RG, brg, erg, rginc, niter.

donde:

brg: primera región del grupo.

erg: última región del grupo.

rginc: incremento entre las regiones del grupo.

niter: número de iteraciones para emparejar (por omisión 0). La iteración para emparejar es usada para un ajuste fino de los nodos generados, de manera que, cada nodo rodeado por un grupo de elementos, es aproximadamente su centro. No se necesitan más de 5 iteraciones.

Ejemplo 1: MA_RG,1,3,1,5,

Este comando genera automáticamente una malla de elementos triangulares de 3 nodos para las regiones 1 a 3. Se piden 5 iteraciones para emparejar.

Ejemplo 2:

Este ejemplo desarrollará la generación de una malla de elementos finitos para una región plana con agujeros.

```

VIEW,0,0,1,
PLANE,Z,0,1,
CRPCORD,1,0,0,0,100,0,0,100,100,0,0,100,0,0,0,0,
PT,5,5,50,75,0,
PT,6,25,25,0,
PT,7,75,25,0,
CRPCIRCLE,5,5,3,20,360,4,
CRPCIRCLE,9,6,1,15,360,4,
CRPCIRCLE,13,7,2,10,360,4,
CT,1,0,10,1,1,
CT,2,0,10,1,5,
CT,3,0,10,1,9,
CT,4,0,10,1,13,
RG,1,4,1,2,3,4,
MA_RG,1,1,1,0,

```

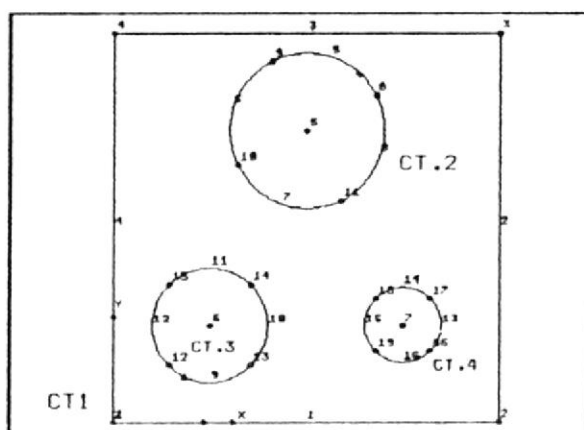


FIG. 6.1 CONTORNOS PARA LA REGION DEL EJEMPLO 2
(MA_RG)

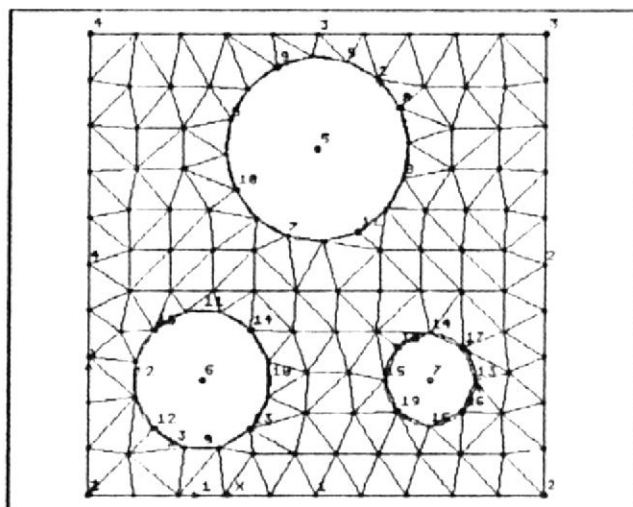


FIG. 6.2 MALLA DE ELEMENTOS FINITOS PARA LA REGION (EJEMPLO2).

MA_PTRG. - Crea una malla de elementos triangulares para una región que debe ser continua y libre de agujeros; es decir debe ser definida por sólo 1 contorno. La malla se genera desde un punto de referencia. Una razón de tamaño se utiliza para controlar el espaciamiento nodal en la dirección radial. Este comando se utiliza para un mallada no uniforme de áreas de concentración de esfuerzo alrededor de un punto.

Sintaxis

MA_PTRG, rgn, pt, spr, niter, bnrnf.

donde:

rgn: región a ser mallada.

pt: punto centro de la malla.

spr: razón de tamaño, definido con el tamaño promedio del elemento más cercano al punto de referencia, al más lejano de este. Si el valor ingresado es mayor a 1, se considera el valor inverso.

niter: número de iteraciones para emparejar (por omisión 0).

bnrf: bandera de redefinición de fronteras nodales.

0 -> redefine nodos en el borde para la compatibilidad con regiones adyacentes.

1 -> ignora la compatibilidad con regiones malladas adyacentes.

Ejemplo: MA_PTRG,1,3,0.5,5,1,

Este comando genera una malla de elementos triangulares de 3 nodos para la región 1 usando el punto 3 como referencia. El tamaño del elemento cercano al punto 3 es aproximadamente la mitad del tamaño del elemento más alejado de este. Se piden 5 iteraciones para emparejar y se ignora la compatibilidad con regiones malladas adyacentes.

MA_CTRG.- Crea una malla de elementos finitos triangulares para un grupo de regiones. Cada región debe ser limitada por otras dos regiones (1 exterior y 1 interior). La malla se emite desde el interior al contorno exterior. El tamaño del elemento cambia progresivamente entre los 2 contornos, para satisfacer el número específico de elementos o el tamaño promedio del elemento asociado con estos.

Sintaxis

MA_CRRG, brg, erg, rgincr, niter.

donde:

brg: primera región del grupo.

erg: última región del grupo.

rgincr: incremento entre las regiones del grupo.

niter: número de iteraciones para emparejar (por omisión 0).

MA_SF.- Crea una malla de elemento finitos triangulares, para cada superficie de un grupo. El usuario tiene la opción de referencia del proceso de mallado, en el tamaño promedio del elemento, o en el número aproximado de elementos en el borde.

Sintaxis

MA_SF, bsf, esf, sfincr, m-flag, siz/num.

donde:

bsf: primera superficie del grupo.

esf: última superficie del grupo.

sfincr: incremento entre las superficies del grupo.

m_flag: bandera de referencia.

0 -> tamaño promedio del elemento.

1 -> número de elementos en el borde.

siz/num: tamaño promedio del elemento (si m_flag=0) o número aproximado de elementos en el borde (si m_flag=1).

MA_PTSEF.- Crea una malla de elementos finitos triangulares de 3 nodos para una superficie usando un punto de referencia. La superficie deber ser continua y libre de agujeros. Se obtiene un mallado no uniforme en áreas de concentración de esfuerzo, alrededor de un punto esquina, o en la región central de la superficie. Cuando el punto es muy cercano al lado de la superficie, la malla no se genera, y será necesario quebrar la superficie.

Sintaxis

MP_PTSEF, sfn, pt, mesize, fesize.

donde:

sfn :superficie a ser mallada.

pt: punto a ser usado como centro del mallado.

mesize: tamaño del elemento más cercano al punto de referencia.

fesize: tamaño de los elementos más lejanos al punto de referencia.

MA_CRSF.- Crea una malla de elementos finitos triangulares en una superficie, usando un lado de referencia. La superficie debe ser continua y libre de agujeros. El comando es usado para mallado no uniforme de áreas de concentración de esfuerzo, alrededor de un lado de la superficie.

Sintaxis

MA_CRSF, sfn, cr, nesize, fesize.

donde:

sfn: superficie a ser mallada.

cr: curva a ser usada como lado de referencia.

nesize: tamaño del elemento cercano a la curva de referencia.

fesize: tamaño de los elementos más lejanos de la curva de referencia.

MA_RGCH.- Cambia la malla de elementos finitos en todas la regiones de un grupo, desde un elemento triangular de 3 nodos a uno de 6 ó 9 nodos, o 4 u 8 nodos cuadrilateros. Los elementos que no se puedan unir con elementos adyacentes, para formar nuevos elementos aceptables, permanecen inalterables. Los elementos aceptables tienen una valor aceptable de sfac.

Sintaxis

MA_RGCH, brg, erg, rginc, et, nnod, p_flag, aeg, sfac.

donde:

brg: primera región del grupo.

erg: última región del grupo.

rginc: incremento entre las regiones del grupo.

et: tipo de elementos en la nueva malla.

T -> triangular.

Q -> cuadrilateros.

nnod: número de nodos en el elemento. Los número válidos son 6 y 9 para triangulares y 4 y 8 para elementos cuadrilateros.

p_flag: bandera de impulso.

0 -> no push.

1 -> push.

aeg: grupo de elemento asociado.

sfac: factor de toma del elemento, definido como la razón del lado más corto al lado más largo del elemento. Las razones menores a 0.3 permitirán elementos puntiagudos que podrían causar problemas numéricos y por lo tanto no se recomiendan. Usado en elementos cuadrilateros (por omisión 0.4).

MA_SFCH.- ver MA_RGCH aplicado a superficies.

MARGDEL, MASFDEL.- Suprime las mallas de todas las regiones o superficies de un grupo especificado.

6.3 NODOS.

ND.- Crea un nuevo nodo en una posición específica en el sistema de coordenadas activo, asociando este nodo con otras entidades. Las coordenadas del nodo pueden ser especificadas o escogidas en una rejilla predefinida.

Sintaxis

ND, label, x_loc, y_loc, z_loc, a_pt, a_cr, a_sf, a_vl, a_ct, a_rg.

donde:

label: número del nodo a ser creado.

x_loc, y_loc, z_loc: coordenadas del nodo en el sistema de coordenadas activo.

a_pt, a_cr, a_sf, a_vl, a_ct, a_rg: entidad asociada con el nodo creado.

NIDENT.- Ver PTIDENT.

NCOMPRESS.- Ver PTCOMPRESS.

NPTPUSH.- Activa un nodo en un punto. Reemplaza las coordenadas del nodo con las del punto y preserva la conectividad con otros nodos.

Sintaxis

NPTPUSH, nd, pt, aflag.

donde:

nd: nodo a ser activado.

pt: punto en el cual el nodo es activado.

aflag: bandera de cambio de asociación.

0 -> no cambia la asociación del nodo con otras entidades.

1 -> suprime la asociación del nodo con otras entidades.

Se debe de tener cuidado en el uso de la bandera de asociación, porque se puede cambiar la asignación de

fuerzas, temperaturas, condiciones de borde u otras cantidades.

NMERGE.- Este comando une nodos coincidentes (nodos dentro de una tolerancia específica). La unión se ejecuta con respecto a todos los nodos o con respecto a los nodos de un grupo.

Sintaxis

NMERGE, bnode, enode, ndincr, tolmag, mrgflag, dirflag, msgflag.

donde:

bnode: primer nodo del grupo a unir.

enode: último nodo del grupo a unir.

ndincr: incremento entre los nodos del grupo.

tolmag: magnitud de tolerancia. Los nodos son unidos, únicamente, si sus tres componentes están dentro de una tolerancia específica.

mrgflag: bandera de unión (por omisión 0):

0 -> unión con respecto a todos los nodos en el modelo.

1 -> unión con respecto a los nodos especificados en el grupo. Esto implica que los otros nodos no son chequeados para la unión.

dirflag: bandera de dirección (por omisión 0):

0 -> une los números altos con números bajos de nodos, esto es si dos nodos son unidos el número alto es suprimido.

1 -> une números bajos con números altos.

msgflag: bandera de mensaje (por omisión 1):

0 -> GEOSTAR edita un mensaje cuando dos nodos se unen.

1 -> GEOSTAR no edita mensajes.

Si dos nodos se unen y ambos tienen cargas y condiciones de borde, la más alta magnitud permanece.

NLIST, NPLOT, NDELETE.- Ver comandos para puntos.

6.4 ELEMENTOS.

EL.- Crea un nuevo elemento usando nodos específicos y asociando estos con una entidad existente.

Sintaxis

EL, label, a_entity, ent_label, nnodes, nd(1), ,
nd(20).

donde:

label: número del elemento a ser creado.

a_entity: tipo de entidad asociada con el elemento creado (por omisión SF).

ent_label: número de la entidad a asociar con el elemento creado.

nnode: número de nodos en el elemento.

nd(i): número del nodo.

EIDENT, ECOMPRESS, ELIST, EPLOT, EDELETE.- Ver comandos de edición de puntos.

ECHECK.- Chequea la razón de aspecto para los elementos de un grupo. Se presenta un mensaje si la razón de aspecto excede el valor especificado. El comando suprime de la base de datos los elementos degenerados, definidos como elementos de una dimensión cuya longitud es menor al valor de PTTOL, o elementos de dos dimensiones, cuya área es menor al cuadrado de PTTOL.

Sintaxis

ECHECK, belem, eelem, elincr, ratio.

donde:

belem: primer elemento del grupo.

eelem: último elemento del grupo.

elincr: incremento entre los elementos del grupo.

ratio: razón de aspecto.

Se recomienda editar este comando antes de correr el análisis deseado.

ECLRSET.- Asigna un color a todos los elementos de un grupo de propiedades. Los grupos de propiedades pueden ser: Grupo de elementos (EG), grupo de propiedades del material (MP), o grupo de constantes reales (RC).

Sintaxis

ECLRSET, blabel, elabel, incr, set_name, ecolr.

donde:

blabel: primera etiqueta (número) del grupo.

elabel: última etiqueta (número) del grupo.

incr: incremento entre las etiquetas en el grupo.

set_name: nombre del grupo. Los admisibles son:

EG: grupo de elementos.

RC: constante real.

MP: propiedades del material.

ecolr: color para los elementos (por omisión 5).

EPROPCHANGE.- Puede ser usado para cambiar las propiedades y asignar un color a un grupo de elementos. Los grupos de propiedades admisibles son: EG, RC o MP.

Sintaxis

EPROPCHANGE, bel, eel, incr, set_name, set_labl, ecolr.

donde:

bel: primer elemento del grupo.

eel: último elemento del grupo.

incr: incremento entre los elementos.

set_name: nombre del grupo de propiedades.

set_labl: etiqueta del grupo de propiedades a asignar.

ecolr: color de los elementos (por omisión 3).

CAPITULO VII

LIBRERIA DE ELEMENTOS Y PROPIEDADES DEL MATERIAL.

7.1 COMO ESCOGER EL ELEMENTO ADECUADO.

Esta sección tratará sobre el buen escogitamiento de algunos elementos disponibles en la librería del COSMOS/M. Los factores, a considerar, varían desde el tipo de carga aplicada, la dirección de la carga, el tipo de material del modelo y, las deformaciones producidas, hasta los grados de libertad disponibles por nodo del elemento.

7.1.1 ELEMENTO BARRA.

Elementos barra pueden ser usados para estructuras en una dimensión, como también en análisis de barras planas y espaciales. Los elementos son unidos por pasadores que resisten únicamente fuerza axial (tensión o compresión) y se deforman únicamente en dirección axial, no soportan cargas transversales o momentos de flexión.

Elemento TRUSS2D puede ser usado en el análisis de barras planas. Cada uno de los nodos de la barra puede tener componentes de deformación en los ejes globales X y Y.

Elemento TRUSS3D puede ser usado en el análisis de barras espaciales. Cada uno de los nodos de la barra puede tener componentes de deformación en los ejes globales X, Y y Z.

7.1.2 ELEMENTO VIGA.

Hay dos elementos viga aprovechables en la librería del COSMOS/M:

BEAM2D: viga en 2-D para modelar armaduras planas.

BEAM3D: viga en 3-D para modelar armaduras espaciales.

Notas:

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

2.- Resiste fuerza axial, momento de flexión alrededor de los ejes principales de la sección y momento torsional alrededor del eje centroidal.

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

4.- La distribución de temperatura en la sección transversal de la viga se asume como constante a lo largo de la viga.

7.1.3 ELEMENTOS PLANO-2D

Es un elemento de 4 nodos que puede ser usado en estructuras de 2 dimensiones, puede representar: Esfuerzo plano (plane stress), deformación plana (plane strain) o elementos axisimétricos. Se consideran únicamente dos grados de libertad traslacionales. No hay condiciones de momento en los nodos.

Las cargas que este elemento puede soportar son:

- Térmicas.
- Gravitacionales.

7.1.3.1 ESFUERZO PLANO.

Condición de ESFUERZO PLANO debe ser asumida para un cuerpo con una dimensión mucho más pequeña que las otras dos; los esfuerzos actuando a lo largo del eje alineado con la dimensión menor se asumen cero.

Ejemplo: El análisis de una placa delgada, cargada en el plano de la placa, puede ser asumido como un problema ESFUERZO PLANO.

La componente de la deformación en la dirección perpendicular al plano de la placa será diferente de cero, cuando un radio de poisson es especificado.

7.1.3.2 DEFORMACION PLANA.

Condición de DEFORMACION PLANA debe ser asumida para un cuerpo grande, cuya geometría y carga no varía significativamente en la dirección

longitudinal.

En análisis DEFORMACION PLANA, el desplazamiento y deformación longitudinal son asumidas cero.

Ejemplo: El análisis de presas, cilindros de paredes gruesas (con deformación axial restringida) o un tanque grande de fluido pueden ser resueltos con la opción DEFORMACION PLANA.

7.1.3.3 AXISIMETRICO

Esta opción es valida para modelar sólidos axisimétricos (cuerpos de revolución). Esta opción considera deformaciones cortantes en plano y fuera de el. El elemento DEFORMACION PLANA considera la deformación cortante solamente en el plano.

Ejemplo: El análisis de una tubería sujeta a una carga axisimétrica (tal como presión hidrostática) se puede

ejecutar con este elemento. Se obtendrá una mejor distribución de los esfuerzos a través del espesor del cuerpo.

7.1.4 ELEMENTOS CASCARON (SHELL).

El elemento cascarón delgado (thin shell) es basado en la teoría discreta de Kirchoff (D.K.T.). Los resultados siempre convergen a la teoría de placa delgada.

Los elementos cascarón grueso (thick shell) son basados en la teoría de Mindlin. Esta teoría da un buen resultado con placas moderadamente gruesas. El modelo incluye el efecto de deformación cortante e inercia de rotación. Se basa en las siguientes asunciones:

1. La deflección de la superficie media de la placa es pequeña en comparación con el espesor de la placa.
2. Los esfuerzos normales transversales son despreciables.

3. La normal a la superficie media de la placa deformada no permanece normal a la superficie media antes de la deformación.

Los siguientes parámetros pueden ser usados como una guía para elegir entre cascarón grueso o delgado:

1. $L/t = a$ donde: $L \rightarrow$ longitud global de la placa.
 $t \rightarrow$ espesor de la placa.

2. $\sqrt{A}/t = b$ donde: $A \rightarrow$ área del elemento.

Si $a > 0$ o, si $b > 3$, use elemento cascarón delgado.

7.2 SISTEMA DE COORDENADAS, OPCIONES Y CONSTANTES REALES ASOCIADAS CON LOS ELEMENTOS.

7.2.1 BARRA2D (TRUSS2D).

Sistema de coordenadas.

El sistema de coordenadas del elemento es

definido como: El eje X va desde el 1er. nodo hacia el 2do., el eje Y es perpendicular al eje X y da el plano X-Y.

Opciones.

Opción No.1 - 4 .- no usadas.

Opción No.5 .- tipo de material.

0 -> material lineal elástico (LIN).

1 -> modelo Von Mises elasto-plástico, endurecido isotrópico (VON).

2 -> modelo Von Mises elasto-plástico, endurecido cinemático (VON-K).

Opción No. 6 .- Desplazamiento grande.

0 -> formulación de desplazamiento pequeño.

1 -> formulación Lagrange.

Opción NO. 7 .- Deslizamiento del material.

0 -> no incluye efectos de deslizamiento.

1 -> incluye efectos de deslizamiento.

Opción No. 8 .- Matriz rigidez.

0 -> forma la matriz rigidez para cada elemento de este tipo.

1 -> copia la matriz rigidez del 1er elemento para todos los elementos de este tipo.

Constantes Reales.

r1 = Area.

Resultados.

Fuerzas y esfuerzos en el sistema de coordenadas del elemento.

7.2.2 VIGA2D (BEAM2D).

Sistema de coordenadas.

El sistema de coordenadas se define como: el eje X va desde el 1er. nodo al 2do, el eje Y es perpendicular al eje X y ubica al plano X-Y. El eje Z normal al plano X-Y completa el sistema de coordenadas.

Opciones.

Opción No.1 - 4 .- no usadas.

Opción No. 5 .- tipo de material (por omisión 0).

0 -> LIN.

1 -> VON.

Opción No. 8 .- matriz rigidez (por omisión 0).

0 -> forma matriz rigidez para cada elemento de este tipo.

1 -> copia la matriz rigidez del 1er elemento para todos los elementos pertenecientes a este tipo.

Constantes reales.

r1 = área.

r2 = momento de inercia.

r3 = profundidad.

r4 = código de liberación de extremo (nodo i).

r5 = código de liberación de extremo (nodo j).

r6 = factor cortante en el eje y del elemento.

r7 = diferencia de temperatura en el eje y del

elemento.

El código de liberación de extremo es especificado por un número de seis dígitos, con combinaciones de cero y uno. De acuerdo a la ubicación de los cero, la fuerza correspondiente no es conocida y será calculada por el programa; pero si el 1 es colocado en esta posición, la fuerza o momento correspondiente a la dirección es conocida o de valor 0 debido a la presencia de una visagra o rodillo. El código de 6 dígitos corresponde (en orden) a los 6 grados de libertad de cada nodo de la viga.

Resultados.

Fuerza, momento y esfuerzos en el sistema de coordenadas del elemento.

7.2.3 PLANO2D (PLANE2D).

Sistema de coordenadas.

El eje X va desde el 1er nodo al 2do., el eje Y es normal al eje X hacia el cuarto nodo. El

ángulo del material definido por la constante real No. 2 es medido con respecto al sistema de coordenadas del elemento.

Un elemento triangular es asumido si el tercer nodo y el cuarto nodo es el mismo.

Opciones.

Opción No.1 .- tipo de elemento.

0 -> elemento sólido.

1 -> elemento 4-nodos fluido incompresible.

Si Opción No. 1 es igual a cero:

Opción No. 2 .- tipo de integración.

0 -> integración reducida.

1 -> elemento QM6 incompatible.

2 -> integración completa.

Opción No. 3 .- elemento.

0 -> Plane Stress.

1 -> Axisimétrico.

2 -> Plane Strain.

3 -> Axisimétrico con carga axisimétrica.

Opción No. 4 .- Dirección del cálculo de esfuerzo.

0 -> dirección global.

1 -> dirección local.

Opción No. 5 .- tipo de material.

0 -> LIN.

1 -> VON.

2 -> VON-K.

3 -> Mooney-Rivlin hiperelástico.

4 -> material no-lineal elástico.

Opción No. 6 .- Grandes desplazamientos.

0 -> formulación de desplazamiento pequeño.

1 -> formulación Lagrange.

2 -> formulación Lagrange total.

Opción No. 7 .- Deslizamiento del material (lo misma).

Opción No. 8 .- matriz rigidez (lo misma).

** Si la Opción No. 1 es igual a uno (1).

Opción No. 3 .- Tipo 2-D.

0 -> Axisimétrico.

1 -> Plane Strain.

Opción No. 8 .- matriz rigidez (lo mismo).

Constantes reales.

r1 = espesor (únicamente en plane stress).

r2 = ángulo del material.

Resultados.

Componentes del esfuerzo en la dirección global, esfuerzo de Von Mises para todos los nodos y en el centro del elemento. Esfuerzos principales podrían opcionalmente ser presentados en el centro del elemento.

7.2.4 CASCARON3T & CASCARON3 (SHELL3T & SHELL3).

Este es un elemento de 3 nodos triangular con

capacidad de membrana y flexión para análisis de estructuras en tres dimensiones y modelos térmicos. Seis grados de libertad (tres traslaciones y tres rotaciones) por nodo son consideradas. El efecto de deformación cortante se considera en el elemento CASCARON3T, por lo que se hace interesante analizar con este elemento estructuras cascarón gruesas. Por otro lado el elemento CASCARON3 no considera efectos de deformación cortante.

El elemento es asumido isotrópico con espesor constante. Si el material es ortotrópico, se debe emplear el elemento CASCARON3L.

Sistema de coordenadas.

El sistema de coordenadas del elemento se define: El eje X va desde el 1er. nodo al segundo. El eje Y se sitúa en el plano definido por los tres nodos y es perpendicular al eje X y va hacia al tercer nodo. El eje Z completa el sistema cartesiano.

Opciones.

Opción No. 1 .- no usada.

Opción No. 2 .- Análisis (por omisión 0).

0 -> coraza regular.

1 -> membrana.

2 -> análisis panel cortante.

Opción No. 3 .- Opción para salida de esfuerzo.

0 -> imprime fuerzas y esfuerzos en el centro del elemento.

1 -> imprime fuerzas nodales positivas.

2 -> imprime esfuerzos nodales positivos.

Opción No. 4 .- Dirección del esfuerzo.

0 -> dirección global.

1 -> dirección local.

Opción No. 5 .- Tipo de material.

0 -> Material lineal elástico (LIN).

1 -> Von mises elasto plástico, endurecido isotrópico (VON) (sólo para CASCARON3T).

4 -> material no lineal elástico (sólo para

CASCARON3T).

Opción No. 6 .- Grandes desplazamientos.

0 -> formulación de desplazamiento pequeño.

1 -> formulación Lagrange.

2 -> formulación Lagrange total (sólo para
CASCARON3T).

Opción No. 7 .- no usada.

Opción No. 8 .- matriz rigidez.

0 -> forma la matriz rigidez para cada elemento
de este tipo.

1 -> copia la matriz rigidez del 1er. elemento
para todos los elementos de este tipo.

Constantes reales.

r1 = espesor.

Resultados.

Componentes de esfuerzo en el centroide del
elemento, en las direcciones de este, tanto en

la fibra superior como inferior. Adicionalmente da como resultado el esfuerzo de Von mises y los esfuerzos principales para la misma localización.

7.2.5 CASCARON4T & CASCARON4 (SHELL4T & SHELL4).

Sistema de coordenadas.

El sistema de coordenadas del elemento es definido como sigue: El eje X va desde el 1er. nodo al segundo. El eje Y situado en el plano definido por los 4 nodos y es perpendicular al eje X y va hacia el cuarto nodo. El eje Z completa el sistema cartesiano.

Opciones.

Opción No. 1 .- Tipo de elemento cascarón.

0 -> QUAD2.

1 -> QUAD4

2 -> QUAD DIRECTO (solo para CASCARON4T).

El elemento QUAD2 es formado por dos triángulos; el cálculo de la matriz rigidez es

rápida, la aproximación es buena, los resultados no son exactamente simétricos para problemas simétricos.

El elemento QUAD4 es formado por cuatro triángulos, el cálculo de la matriz rigidez es lento, la aproximación es buena, problemas simétricos dan resultados simétricos.

Opción No. 2 .- Análisis. (igual a CASCARON3T & CASCARON3).

Opción No. 3 .- Opción para salida de esfuerzo (igual a CASCARON3T & CASCARON3).

Opción No. 4 .- Dirección del esfuerzo (igual a CASCARON3T & CASCARON3).

Opción No. 5 .- Tipo de material (igual a CASCARON3T & CASCARON3).

Opción No. 6 .- Grandes desplazamientos (igual a CASCARON3T & CASCARON3).

Opción No. 7 .- no usada.

Opción No. 8 .- matriz rigidez (igual a CASCARON3T & CASCARON3).

Constantes reales.

r1 = espesor.

r2 = gradiente de temperatura.

Resultados.

Componentes de esfuerzo en el centroide del elemento, en las direcciones de este, tanto en la fibra superior como inferior.

Adicionalmente da como resultado el esfuerzo de Von Mises y los esfuerzos principales para la misma localización.

7.3 LIBRERIA DE PROPIEDADES DE MATERIALES.

Las propiedades de los materiales se definen en grupos asociados a los elementos. De acuerdo al tipo de análisis a desarrollar podemos definir:

- 1.- Propiedades térmicas.
- 2.- Propiedades estructurales.

7.3.1 PROPIEDADES TERMICAS.

Calor específico (C) = calor/masa grados.

Conductividad térmica del elemento en dirección
X (KX) = calor*longitud/tiempo*área*grados.

Conductividad térmica del elemento en dirección
Y (KY) = calor*longitud/tiempo*área*grados.

Conductividad térmica del elemento en dirección
Z (KZ) = calor*longitud/tiempo*área*grados.

Emisividad (EMIS) = adimensional.

Resistencia eléctrica del elemento en dirección
X (RSVX) = resistencia*área/longitud.

Resistencia eléctrica del elemento en dirección
Y (RSVY) = resistencia*área/longitud.

Resistencia eléctrica del elemento en dirección
Z (RSVZ) = resistencia*área/longitud.

Coeficiente de Convección (HC) =
calor/tiempo*area*grados.

Densidad de masa (DENSITY) = masa/volumen.

Viscosidad (VISC) = fuerza*tiempo/área.

7.3.2 PROPIEDADES ESTRUCTURALES

Utilizadas para materiales lineal elástico.

Módulo de elasticidad del elemento en dirección
X (EX) = fuerza/área.

Módulo de elasticidad del elemento en dirección
Y (EY) = fuerza/área.

Módulo de elasticidad del elemento en dirección
Z (EZ) = fuerza/área.

Razón de Poisson (deformación en Y por un
esfuerzo en X) (NUXY) = adimensional.

Razón de Poisson (deformación en Z por un
esfuerzo en Y) (NUYZ) = adimensional.

Razón de Poisson (deformación en Z por un
esfuerzo en X) (NUXZ) = adimensional.

Módulo cortante, dirección X-Y (GXY) =
fuerza/área.



Módulo cortante, dirección Y-Z (GYZ) =
fuerza/área.

Módulo cortante, dirección X-Z (GXZ) =
fuerza/área.

Coefficiente de expansión térmica del elemento
en dirección X (ALPX) = deformación/
temperatura.

Coefficiente de expansión térmica del elemento
en dirección Y (ALPY) = deformación/
temperatura.

Coefficiente de expansión térmica del elemento
en dirección Z (ALPZ) = deformación/
temperatura.

Densidad de masa (DENS) = masa/volumen.

CAPITULO VIII

CONDICIONES DE FRONTERA.

En este capítulo se tratará las condiciones de frontera que se pueden aprovechar en COSMOS/M. Los grupos de condiciones de borde a tratar son: DESPLAZAMIENTO, FUERZAS, PRESION, FLUJO DE CALOR, CONVECCION DE CALOR, GENERACION DE CALOR EN NODOS Y ELEMENTOS.

8.1 DESPLAZAMIENTO.

DND.- Especifica condiciones de frontera de desplazamiento cero, o diferente de cero, en los nodos de un modelo en el sistema de coordenadas activo.

Sintaxis

DND, bnd, label, displ. end, nincr, label2label6.

donde:

bnd: primer nodo del grupo de desplazamiento.

label: dirección de la condición de frontera de desplazamiento. Las direcciones válidas son: UX, UY, UZ, RX, RY, RZ, ALL. Las etiquetas se refieren al

sistema corriente de coordenadas.

displ: valor del desplazamiento. Se debe usar radianes para desplazamiento rotacional.

end: último nodo del grupo de desplazamiento.

nincr: incremento entre los nodos del grupo.

label2label6: direcciones adicionales con el mismo valor de desplazamiento especificado.

Ejemplo: DND,1,UX, ,9,1,RY,RZ.

Este comando especifica desplazamiento en dirección X, rotación en dirección Y y Z cero en los nodos 1 al 9.

DCR, CSF, DVL, DCT, DRG.- Tienen una sintaxis similar al comando anterior aplicando la condición de frontera, de desplazamiento cero o no-cero, a los nodos asociados con la curva, superficie, volumen, contorno o región especificada en el sistema de coordenadas activo.

DNDEL, DCDEL, DSDEL, DVDEL, DCTDEL, DRGDEL.- Estos comandos, suprimen las condiciones de frontera de desplazamiento de todos los nodos de un grupo o asociados a una entidad específica.

DPLOT.- Muestra en la pantalla las condiciones de

frontera de los desplazamientos nodales.

DLIST.- Lista los valores de desplazamiento nodal especificados.

8.2 FUERZA.

Los comandos de este tipo de condición de frontera son similares a los de desplazamiento, aplicando fuerza en los nodos.

8.3 TEMPERATURA.

Los comandos de este tipo de condición de frontera son similares a los de desplazamiento, aplicando temperatura en los nodos.

8.4 PRESION.

PCR.- Este comando especifica la presión sobre los elementos asociados a grupo de curvas. La presión es aplicada normal a cada elemento en el plano principal correspondiente.

Sintaxis

PCR, bcr, prval1, ecr, crincr, prval2.

donde:

bcr: primera curva del grupo.

prvall: magnitud de la presión aplicada por unidad de longitud en el comienzo de la curva.

ecr: última curva del grupo.

crincr: incremento entre las curvas del grupo.

prval2: magnitud de la presión aplicada por unidad de longitud al final de la curva (por omisión prvall).

Ejemplo: PCR,3,-4,5,2,6.

Este comando define una presión variando linealmente para las curvas 3 y 5. La presión es -4 al comienzo y 6 al final de cada curva. La presiones en los elementos de la curva se calculan de conformidad a la linealidad.

PSF.- Este comando especifica la presión para elementos asociados a un grupo de superficies. La presión es aplicada normal al elemento de tal manera que la presión interior es positiva.

Sintaxis

PSF, bsf, prvall, esf, sfincr, prval2, prval3.

donde:

bsf: primera superficie del grupo.

prval1: magnitud de la presión aplicada por unidad de área en el origen de coordenadas paramétricas de la superficie.

esf: última superficie del grupo.

sfincr: incremento entre las superficies del modelo.

prval2: magnitud de la presión aplicada por unidad de área en el extremo de la primera curva paramétrica (por omisión prval1).

prval3: magnitud de la presión aplicada por unidad de área en el extremo de la segunda curva paramétrica (por omisión prval1).

PBEL.- Este comando especifica elementos viga cargados. El comando puede ser usado para especificar fuerzas concentradas o fuerzas distribuidas variando linealmente sobre elementos BEAM2D y BEAM3D. La carga se puede definir en cualquier posición del elemento en coordenadas globales o locales.

Sintaxis

PBEL, bel, flabel, mag1, loc1, eel, inc, mag2, loc2.

donde:

bel: primer elemento del grupo.

flabel: carga, puede ser: FX, FY, FZ, MX, MY, MZ.

mag1: magnitud de la carga en la ubicación 1.
loc1: ubicación 1 especificada en coordenadas paramétricas del elemento (por omisión 0.5).
eel: último elemento del grupo.
inc: incremento entre los elementos del grupo.
mag2: magnitud de la carga en la ubicación 2.
loc2: ubicación 2 especificada en coordenadas paramétricas del elemento (por omisión loc1).

Notas.

1.- Si el usuario desea especificar cargas en coordenadas globales, se debe activar este sistema con el comando ACTSET.

2.- Fuerzas concentradas se especifican al igualar la ubicación loc1 con la ubicación loc2.

3.- El programa interpreta las unidades de acuerdo a los valores de loc1 y loc2. Si loc1 no es igual a loc2, el programa interpreta los valores como unidades de fuerza o momento por unidad de longitud. Si loc1 es igual a loc2, el programa interpreta los valores como fuerza o momento concentrado.

Ejemplo 1: ACTSET,ECS,0.

PBEL,1,FY,1000,0.2,7,1,200,0.8.

El sistema de coordenadas globales es activado y una presión se aplica en dirección Y. La presión de los elementos 1 al 7 varia linealmente, desde 1000 unidades en la ubicación 0.2 del elemento a 200 unidades en la ubicación 0.8 del elemento. 7

Ejemplo 2: ACTSET,ECS,-1.

PBEL,1,MZ,100,0.3,1,1,100,0.3.

El sistema de coordenadas globales es activado y un momento concentrado MZ es aplicado en la ubicación paramétrica 0.3 de la viga.

PCDEL, PSDEL, PBEDEL.- Estos comandos suprimen las presiones definidas previamente sobre la entidad especificada.

PLOT.- Muestra en pantalla las presiones especificadas para los elementos.

PLIST, PBELIST.- Lista los valores de presiones especificadas para los elementos.

8.5 FLUJO DE CALOR.

Los comandos de este tipo de condición de frontera son similares a los de desplazamiento, especificando el flujo de calor en los nodos para un análisis térmico posterior.

8.6 GENERACION DE CALOR EN NODOS Y ELEMENTOS.

Los comandos que se utilizan en este tipo de condición de frontera definen una generación de calor en los nodos y elementos especificados o asociados a curvas, superficies, volúmenes, contornos y regiones. De la misma manera permiten suprimir, mostrar en pantalla o listar las condiciones definidas.

8.7 CONVECCION DE CALOR.

CEL.- Este comando define coeficientes de película de convección sobre las caras de los elementos de un modelo.

Sintaxis

CEL, bel, convect_coeff, bulk_temp, face_num, eel, eincr.

donde:

bel: primer elemento del grupo.

convect_coeff: magnitud del coeficiente de convección.

bulk_temp: temperatura del fluido adyacente a la cara del elemento.

face_num: cara del elemento donde existe la convección.

eel: último elemento del grupo.

eincr: incremento entre los elementos del grupo.

CECR.- Este comando aplica coeficientes de convección a curvas que constituyen los filos de una superficie. La superficie debe estar mallada.

Sintaxis

bcr: primera curva del grupo.

convect_coeff: magnitud del coeficiente de convección.

bulk_temp: temperatura del fluido adyacente.

ecr: última curva del grupo.

icr: incremento entre las curvas del grupo.

Ejemplo: CECR,1,100,80,5,1.

Este comando define un coeficiente de convección de 100, con una temperatura del fluido adyacente de 80 sobre las curvas 1, 2, 3, 4 y 5.

CAPITULO IX

COMANDOS PARA ANALISIS Y OBTENCION DE RESULTADOS.

En esta sección se tratará, entre otros comandos, aquellos que nos proporcionen los diferentes tipos de análisis con los que cuenta el post-procesador del GEOSTAR. Entre los principales podemos mencionar: A_STATIC, A_STRESS, A_FREQUENCY, A_BUCKLING. Además es importante observar que estos comandos nos especifican detalles de como se va a ejecutar el programa de cálculo; entre los principales programas de cálculo podemos citar: R_STATIC, R_STRESS, R_BUCKLING, R_FREQUENCY.

Otros comandos, a tratarse en este capítulo, serán aquellos que nos proporcionen especificaciones de presentación de resultados en la pantalla e impresión de los mismos, así también como comandos utilitarios importantes.

9.1 COMANDOS UTILITARIOS.

UTILITY - FILE.- Lee y procesa todos los comandos de un archivo de entrada y luego retorna al GEOSTAR.

Algunos comandos FILE pueden generar el modelo completo del problema.

Sintaxis

FILE, fname, ses, display, echo, message.

donde:

fname: nombre del archivo con extensión en el cual los comandos son leídos y procesados.

ses: bandera que habilita o no, la escritura de estos comandos, dentro de la sesión de archivo.

1 -> escribe dentro de la sesión de archivo.

0 -> no escribe dentro de la sesión de archivo.

display: bandera para activar o no, el trazado del dibujo sobre la pantalla.

1 -> muestra el dibujo.

0 -> no muestra el dibujo.

echo: bandera para habilitar o no, la lectura de comandos del archivo FILE, sobre el área de dialogo.

1 -> no lee sobre el área de dialogo.

0 -> lee sobre el área de dialogo.

message: bandera que activa o desactiva los mensajes escritos desde GEOSTAR, en respuesta a los comandos leídos.

0 -> no escribe mensajes.

1 -> escribe mensajes.

UTILITY - STATUS1.- Muestra una tabla, con la información actual del estado de muchas banderas. Controlando el dibujo de entidades geométricas, colores, colores de números, etc. Permite seleccionar el color deseado para varias entidades. Para salir del comando se pulsa "ESCAPE".

La información que controla el comando STATUS1 entre otras es:

PSEL: bandera para activar o desactivar el grupo de selección.

KEEP: bandera que conserva bajo el nivel de entidades.

MARK: muestra marcas sobre curvas y superficies que especifican la dirección y orientación respectivamente.

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

UTILITY - STATUS2.- Muestra la información sobre el estado de muchas banderas que controlan el diagrama de condiciones de frontera, fuerzas, temperaturas nodales, etc.

UTILITY - CMDLIST.- Enlista todos los comandos ejecutados hasta ese momento.

UTILITY - NEWPROBLEM.- Permite comenzar un nuevo problema o llamar a uno existente sin salir del GEOSTAR. Si un archivo viejo es abierto como nuevo, el archivo viejo es grabado con extensión bck, como seguridad.

Sintaxis

NEWPROBLEM, problem_name, c_flag.

donde:

problem_name: nombre de un problema nuevo o existente.

c_flag: bandera para abrir un archivo existente como un problema nuevo o viejo.

N -> base de datos nueva con el nombre viejo.

Y -> se abre el archivo viejo.

9.2 COMANDOS DE ACTIVACION.

ACTIVE - ACTSET.- Habilita el cambio del número de grupo corriente activo al grupo de elementos, grupo de propiedades del material, grupo de constantes reales, grupo de sistema de coordenadas o caso de carga.

Sintaxis

ACTSET, set_type, set_number.

donde:

set_type: tipo del grupo. Los grupos admisibles son:

EG = Grupo de Elementos.

MP = Grupo de propiedades del material.

RC = Grupo de constantes reales.

CS = Sistema de coordenadas.

0 -> cartesianas global.

3,4,5 -> sistema local de coordenadas predefinido. Notar que 1 y 2 no son usados en GEOSTAR.

ECS = sistema de coordenadas del elemento.

1 -> sistema local del elemento.

0 -> cartesianas global.

LC = caso de carga.

set_number: número del grupo a ser activado.

Ejemplo: ACTSET,RC,3.

Este comando activa el grupo No.3 de constantes reales, es decir, el grupo No. 3 es el grupo corriente activo de constantes reales.

ACTIVE - ACTPLOT.- Se puede manejar desde el comando **STATUS1**.

ACTIVE - ACTMARK.- Muestra marcas sobre entidades para mostrar direcciones o curvas paramétricas. Las flechas son usadas para mostrar direcciones de curvas y contornos y, los asteriscos son usados para mostrar la 1ra coordenada paramétrica de la superficie y el origen del sistema de coordenadas; siendo este la esquina más cercana al asterisco.

ACTIVE - ACTKEEP.- Permite mantener una entidad especificada y las de más bajo orden, cuando las entidades de más alto orden son suprimidas.

9.3 PARAMETRICOS.

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

Sintaxis

PARASSIGN, par_name, par_type, par_value.

donde:

par_name: nombre de la variable. La longitud del nombre no debe exceder a 6 caracteres que pueden ser letras o números.

par_type: tipo de variable. Los válidos son: INTEGER (enteros) y REAL (reales).

par_value: valor de la variable.

Ejemplo: PARASSIGN,R1, ,6.5

PARASSIGN,R2, ,2*(R1+4)+3.2

PT, ,(R1*2+R2),R1/2,R1+R2-1

El primer comando asigna un valor de 6.5 a la variable R1. El 2do. comando asigna un valor de 24.2 para la variable R2. El 3er comando especifica las coordenadas de un punto, en función de R1 y R2.

PARAMETRIC - PARLIST.- Enlista las variables definidas por el comando PARASSIGN.

PARAMETRIC - PARDEL.- Suprime las variables definidas por el comando PARASSIGN.

9.4 INTERFASE CON OTROS PROGRAMAS C.A.D.

CAD-SYS - IGES_INP (DXF_INP).- Este comando lee un

archivo IGES(DXF) creado por otro paquete CAD. En GEOSTAR se completa la generación del modelo y ejecuta el proceso de mallado de elementos finitos. Unicamente puntos, líneas, arcos y círculos generados por paquetes CAD son aceptados en GEOSTAR.

Sintaxis

IGES_INP(DXF_INP), file_name.

donde:

file_name: noombre del archivo con extensión. El archivo debe tener extensión IGS(DXF). (por omisión problem_name.igs(dx))

CAD-SYS - IGES_OUT (DXF_OUT).- Transfiere la geometría de un modelo a otro paquete CAD y escribe esta transferencia en un archivo con extensión IGS(DXF). Unicamente puntos y curvas son transferidos.

Ejemplo: Tranferencia de la geometría de un eje, dibujado en GEOSTAR a AutoCAD.

VIEW,0,0,1,

PLANE,Z,0,1,

SCALE,0,

CRPCORD,1,0,0,0,0,15,0,5,20,0,5,0,0,5,0,0,

```

CRPCORD,4,5,20,0,50,20,0,50,30,0,105,30,0,105,15,0,1
35,15,0,140,10,0,40,0,0,140,0,0,
CRPCORD,11,135,15,0,135,0,0,135,0,0,
CRFILLET,12,5,4,1,1,0,
CRFILLET,13,7,8,2,1,0,
SFSWEEP,1,13,1,X,360,4,
VIEW,1,1,1,
ROTATE,0,90,0,
DXFOUT,
EXIT,

```

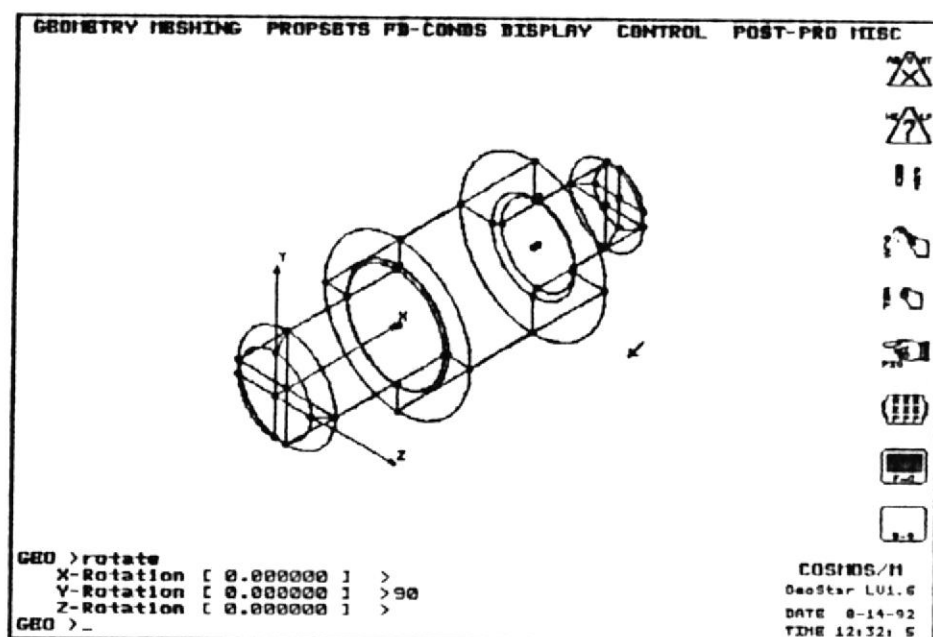


FIG. 9.1 PUNTOS Y CURVAS EN GEOSTAR.

Para recibir la información en el AutoCAD, luego de

entrar a este programa, se digita:

Command: dxfin

File name: nombre del archivo .dxf.

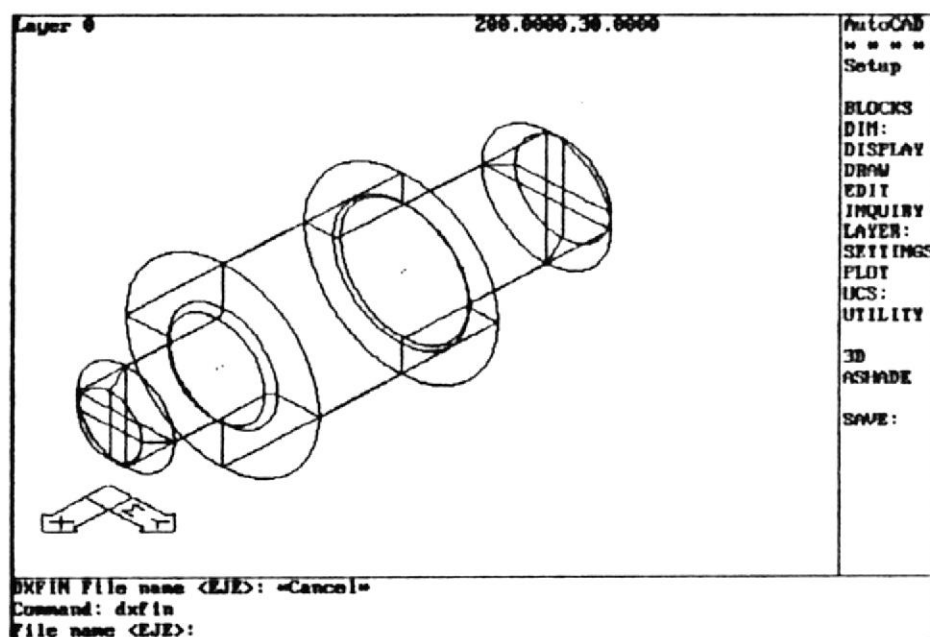


FIG. 9.2 PUNTOS Y CURVAS EN AUTOCAD.

9.5 COMUNICACION CON MODSTAR.

MODINPUT.- Escribe un archivo de entrada a MODSTAR, contiene los comandos equivalentes de MODSTAR para el modelo creado en GEOSTAR. Este archivo puede ser leído por MODSTAR usando el comando FILEINPUT y generando así la base de datos del problema. El

usuario puede cargar y correr muchos tipos de análisis usando GEOSTAR (ej: R_STATIC, R_FREQUENCY, etc). El módulo HSTAR no puede ser cargado directamente de GEOSTAR; pero usando el comando MODINPUT podemos generar archivos compatibles para un uso posterior en MODSTAR.

Sintaxis

MODINPUT, file_name, nd_offst, el_offst, cs_offst.

donde:

file_name: nombre del archivo con extensión. La extensión recomendada es MOD (por omisión problem_name.mod).

nd_offst: incremento en el número del nodo. Los números de los nodos en el modelo GEOSTAR serán incrementados por este valor al escribir el archivo MODSTAR.

el_offst: incremento en el número del elemento. Los números de los elementos en el modelo GEOSTAR serán incrementados por este valor al escribir el archivo MODSTAR.

cs_offst: incremento en el número del sistema de coordenadas local.

9.6 SELECCIONAR EL TIPO DE ANALISIS A REALIZAR CON EL MODELO.

Este subcapítulo tratará los diferentes tipos de análisis que GEOSTAR puede desarrollar. Es importante en este momento decir que MODSTAR es un post-procesador que nos permite conectar al análisis térmico, aprovechable para la versión reducida del COSMOS/M.

ANALISYS - ADAPTIVE.- Este comando especifica el enmallado adaptativo para problemas estático lineal. Los parámetros de este comando son usados por el comando RUN_STATIC para aumentar progresivamente la malla hasta que el nivel de exactitud sea logrado. El aumento de la malla se basa sobre un estimado del error en la norma de la energía de deformación, usando resultados del análisis de esfuerzos. Los errores más elevados se dan asociados a elementos ubicados en zonas de concentración de esfuerzo y elementos con alta razón de aspecto.

Tres métodos son usados para aumento de malla, estos son:

- 1.- METODO H.- Elementos con alto error en la energía

de deformación son progresivamente subdivididos, hasta que el porcentaje de error para cada elemento sea igual o menor que el permitido, o el máximo número de lazos especificados sea logrado. El número de elementos se incrementa progresivamente con este método.

2.- METODO 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 permitido, o hasta que el orden del polinomio sea el más alto posible o el número de lazos sea alcanzado. El número de elementos por este método permanece sin cambiar.

3.- METODO HP.- Este método combina los métodos H y P. Los dos niveles de error permitidos se especifican por 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, entonces el método P es usado para satisfacer el más bajo porcentaje de error permitido. Si se alcanza el orden más alto del polinomio, el método H es usado nuevamente, para satisfacer el obligado error GEOSTAR sale de la malla

adaptativa siempre que el número máximo de lazos especificados se alcance.

Sintaxis

ADAPTIVE, method, maxloop, crntpoly, maxpoly, perrl, perrh, npush, display.

donde:

method: bandera que define el método a usar en la malla adaptativa.

0 -> Método H.

1 -> Método P.

2 -> Método HP.

maxloop: número máximo de lazos, el análisis estático se repite y los errores se comparan con el que se especifica (por omisión 10).

crntpoly: orden del polinomio del elemento (por omisión 1).

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

perrl: porcentaje de error para el orden más bajo de elementos (por omisión 50).

perrh: porcentaje de error para el orden más alto de elementos (por omisión 5.0)

npush: bandera que activa nodos de la frontera a medida que la malla es refinada.

0 -> no activa nodos de la frontera.

1 -> activa nodos de la frontera.

display: bandera para activar o no la presentación de la modificación de la malla en la pantalla.

0 -> desactiva la presentación.

1 -> activa la presentación.

Notas:

1.- La malla adaptativa es solo implementada para elementos triangulares en la versión 1.6.

2.- El valor maxpoly es ignorado en el método H.

ANALISYS - RENUMBER.- Renumeración de los nodos para minimizar el ancho de banda de la matriz de rigidez.

Sintaxis

RENUMBER, flag.

donde:

flag: bandera de renumeración.

1 -> renumera todos los nodos.

0 -> no renumera ningún nodo.

ANALISYS - STRESS.- Selección de la bandera para

cálculos de esfuerzo, que es usada por el comando R_STATIC.

Sintaxis

STRESS, st_flag.

donde:

st_flag: bandera de cálculo de esfuerzos.

1 -> calcula esfuerzos.

2 -> no calcula esfuerzos.

ANALISYS - DATA_CHECK.- Chequea que los grupos de propiedades de material y constantes reales sean definidos para cada elemento en la base de datos.

Se recomienda ejecutar este comando antes de cualquier paso de análisis.

ANALISYS - A_STATIC.- Especifica detalles del análisis estático lineal, a ser ejecutado luego por el comando R_STATIC.

Sintaxis

A_STATIC, iloads, inpln, isoft, soft, stifs, save_k, form_k, up_crd.

donde:

iloads: bandera de cargas especiales.

N -> no hay cargas especiales.

C -> cargas centrífugas.

G -> cargas de gravedad.

T -> cargas térmicas.

Dos o tres caracteres puede asignarse en una combinación de C, G y T.

inpln: incluye efectos de rigidez en el plano (por omisión 0).

0 -> no considera.

1 -> considera.

isoft: agrega suavidad elástica (por omisión 0).

0 -> no agrega.

1 -> agrega.

Si isoft=1 una pequeña cantidad de rigidez se agrega a todos los términos de la diagonal de la matriz rigidez global.

soft: suavidad elástica (por omisión $1.0e-6$).

stifs: constante de resorte a imponer en las condiciones de frontera en coordenadas locales (por omisión $1.0e10$).

save_k: bandera que graba la matriz rigidez descompuesta (por omisión 0).

0 -> no graba.

1 -> graba.

Esta bandera es usada para carga múltiple.

form_k: especifica la formación de la matriz rigidez (por omisión 0).

0 -> forma la matriz rigidez.

1 -> usa la matriz rigidez descompuesta grabada en una corrida anterior.

Esta bandera es usada para carga múltiple.

up_crd: bandera para coordenada actualizada para la configuración deformada (por omisión 0).

0 -> no actualiza.

1 -> actualiza.

Esta bandera puede ser usada para considerar el efecto de imperfecciones en el análisis de pandeo.

ANALISYS - A_STRESS.- Especifica los detalles del análisis de esfuerzo a ser ejecutados luego por el comando R_STRESS.

Sintaxis

A_STRESS, iaisc, nelement, ipstp, itbstp, nlayr, ifail.

donde:

iaisc: bandera para utilizar normas A.I.S.C en la revisión de esfuerzos.

0 -> no revisa codigos A.I.S.C.

1 -> escribe elementos viga con esfuerzos nodales dentro de un archivo a ser usado luego por el módulo A.I.S.C., o para presentar diagramas de fuerza cortante y momento flexionante (por omisión 0).

nelement: número de elementos para el impreso de esfuerzos (por omisión 0).

0 -> esfuerzos impresos para todos los elementos.

1 -> esfuerzos impresos para los N elementos con más alto esfuerzo (limitado a 25).

ipstp: bandera para impreso de esfuerzos principales (por omisión 0).

0 -> no imprime.

1 -> imprime.

itbstp: no usado.

nlayr: número de capas para trazado de esfuerzo en elementos cascarón multicapas. Limitado a 50 (por omisión 1).

ifail: bandera para análisis de fallas de elementos

coraza compuestos (por omisión 0).

0 -> no funciona el análisis de fallas.

1 -> funciona usando el criterio de Tsai-Wu.

2 -> funciona usando el criterio de Hill.

ANALISYS - A_FREQUENCY.- Especifica detalles del análisis de frecuencia, a ser ejecutados más tarde por el comando R_FREQUENCY.

Sintaxis

A_FREQUENCY, nfreq, method, itmax, ifas, ishift, shift, inpln, rtol, isoft, soft, iharmm, sdmpcm, imass.

donde:

nfreq: número de frecuencias a ser calculadas.

method: método a ser empleado.

S -> iteración de subespacio.

J -> método de Jacobi (limitado a 50 grados de libertad).

L -> método de Lanczos.

GS -> Reducción de Guyán usando el método de subespacio para reducción de

sistemas.

GJ -> reducción de Guyan usando el método de Jacobi para reducción de sistemas.

G -> análisis complejo de valores EIGEN (limitado a 50 grados de libertad).

I -> método de potencia inversa para $\text{nfreq}=1$ solamente (por omisión S).

itmax: máximo número de iteraciones para métodos de subespacio y potencia inversa (por omisión 4).

ifas: bandera para secuencia sturn (ver nota 1).

0 -> no revisa secuencia sturn.

1 -> revisa secuencia sturn.

ishift: bandera para cambiar valor EIGEN.

0 -> no cambia valor Eigen.

1 -> programa cambia de valor Eigen.

2 -> usuario cambia de valor Eigen.

shift: valor de cambio de valor Eigen en rad/tiempo (solo usa 2 si $\text{ishift}=2$).

inpln: bandera para incluir factor de rigidez en el plano.

0 -> no considera efectos en plano.

1 -> considera efectos en plano.

rtol: tolerancia de convergencia para valores Eigen. (por omisión $1.0e-5$).

isoft: bandera para adición de torsión suave.

0 -> no agrega torsión suave.

1 -> agrega torsión suave.

soft: constante de torsión suave.

iharmn: número armónico para elemento shell axisimétrico,

sdmpcm: constante de amortiguamiento estructural, a ser usada calculando frecuencias complejas.

imass: tipo de matriz masa.

0 -> masas puntuales.

1 -> masa consistente.

Notas:

1.- Cuando el Sturn Sequence Check es activado, el programa cuenta el número de valor Eigen encontrados entre las frecuencias mínima y máxima e imprime un mensaje si pocas frecuencias se encuentran. El usuario puede reingresar el problema aplicando un valor de cambio o más iteraciones para encontrar las frecuencias posibles.

2.- El cambio de valores Eigen puede ser usado en 2 formas:

a) Para determinar frecuencias y formas de modo de una estructura con movimiento de cuerpo rígido.

b) Para determinar frecuencias y formas de modo de un

sistema sin un cierto rango de frecuencias.

9.7 EJECUCION DE LOS PROGRAMAS DE ANALISIS.

Estos comandos ejecutan los programas de análisis de elementos finitos. Los pasos recomendados para cualquier tipo de análisis son:

- a) Crear todos los datos de entrada necesarios.
- b) Mostrar los datos en la pantalla antes del análisis.
- c) Ejecutar el comando DATA_CHECK, para estar seguro que los grupos de propiedades de materiales y constantes reales están definidos para todos los elementos.
- d) Ejecutar el comando ECHECK para suprimir los elementos degenerados.
- e) Editar los comandos de análisis (A_STATIC, A_STRESS, etc) antes de ejecutar el análisis (R_STATIC, R_STRESS, R_FREQUENCY, etc.)

EXECUTE - R_CHECK.- Ejecuta una análisis completo de la base de datos del problema y prepara un reporte o archivo (problem_name.chk). Se realiza lo siguiente:

1.- Ejecuta las funciones del DATA_CHECK, especialmente: que un grupo de elementos, un grupo de propiedades del material, un grupo de constantes reales estén asociados con cada elemento.

2.- Edita un mensaje de alerta si un nodo que no existe es usado para definir un elemento.

3.- Para los elementos PLAN02D y todos los elementos CORAZA, se edita un mensaje de alerta si:

a. La razón de aspecto de un elemento excede de 5.

b. Un ángulo en un elemento de 3 nodos es menor a 20 grados o mayor a 135 grados.

c. Un ángulo en un elemento de 4 nodos es menor a 45 grados o mayor a 135 grados.

4.- Para elementos sólidos únicamente la razón de aspecto es chequeada.

5.- Para elementos VIGA3D, y todos los elementos CASCARON triangulares, se chequea la conectividad de elementos y un mensaje de alerta se edita si el área definida por los 3 nodos es menor que $1.0E-15$.

6.- Se recomienda que este comando se edite siempre antes de ejecutar el análisis.

EXECUTE - R_STATIC.- Ejecuta el análisis estático lineal. Calcula los desplazamientos nodales usando el programa STAR. Este comando automáticamente ejecuta el programa STRESS para el cálculo de esfuerzos.

Notas.

1.- Este comando calcula los desplazamientos para todos los casos de carga. El comando LCSET puede ser usado como bandera para situar los casos de carga. Los esfuerzos son calculados para el caso de carga activo únicamente. Si se desean los esfuerzos para otros casos de carga, este caso de carga deberá ser activado a través del comando ACTSET.

EXECUTE - R_STRESS.- Ejecuta el análisis de esfuerzos. Calcula los esfuerzos únicamente para problemas lineales usando el programa STRESS. Los esfuerzos se

calculan usando como datos los desplazamientos generados previamente por el comando R_STATIC.

Notas.

1.- Los esfuerzos se calculan para el caso de carga activo únicamente. Los esfuerzos para otros casos de carga pueden ser obtenidos activando el caso particular y editando el comando R_STRESS.

EXECUTE - R_FREQUENCY.- Ejecuta el análisis dinámico. Calcula las frecuencias y modos de forma usando el programa DSTAR.

EXECUTE - R_PLOT.- Transfiere el control desde GEOSTAR a PLOTSTAR, para ejecutar el pre o post-procesamiento del problema.

Notas.

1.- Una vez que el control es transferido a PLOTSTAR, todos los menús y comandos pueden ser usados. Adicionalmente posee una línea de ayuda.

2.- El control puede ser transferido de regreso a GEOSTAR usando el comando EXIT en PLOTSTAR.

9.8 CASOS DE CARGA Y CONTROL DE IMPRESION.

OUTPUT_OPS - LCSET.- Este comando activa o desactiva casos de carga primaria para análisis estático.

Sintaxis

LCSET, blc, elc, inc, flag.

donde:

blc: primer caso de carga en el grupo.

elc: último caso de carga en el grupo.

inc: incremento entre los casos de carga en el grupo.

flag: bandera de activación:

0 -> desactiva el caso de carga.

1 -> activa el caso de carga.

Ejemplo: LCSET,2,4,2,0.

Este comando desactiva los casos de carga 2 y 4. Estos casos de carga no serán considerados por el comando R_STATIC.

OUTPUT_OPS - PRINT_OPS.- Controla la salida de resultados de desplazamiento, velocidades, aceleraciones, formas de modo, matriz de rigidez,

temperatura, gradientes de temperatura, valores de flujo de calor y más detalles.

Sintaxis

PRINT_OPS, dflag, vflag, aflag, mflag, kflag, tflag, tgflag, hfflag, inflag, oaflag.

donde:

dflag, vflag, aflag: bandera de salida de desplazamiento, velocidad o aceleración:

0 -> no imprime.

N -> imprime a N paso de timepo.

mflag: bandera de salida de aceleración:

0 -> no imprime.

1 -> imprime formas de modo; masa normalizada.

N -> imprime formas de modo; unidad normalizada.

kflag: bandera para imprimir matriz rigidez y número de ecuación (por omisión 0).

0 -> no imprime.

1 -> imprime matriz rigidez.

tflag, tgflag, hfflag: bandera para impresión de temperatura, gradientes de temperatura o flujo de calor.

0 -> no imprime.

N -> imprime a N pasos de tiempo.

inflag: bandera para detalles de salida.

0 -> no imprime.

1 -> imprime coordenadas nodales, conectividad de elementos, materiales y constantes reales, y vectores de carga aplicada incluyendo el efecto de presión de superficie.

oaflag: bandera que sobrescribe, añade salida de resultados.

0 -> sobrescribe en previa salida.

1 -> añade a una previa salida.

9.9 IMPRESION DE RESULTADOS.

DEVICE - PRINTER.- Este comando imprime una ventana, la pantalla completa o incluye toda la estructura del GEOSTAR.

Sintaxis

PRINTER, wflag.

donde:

wflag: bandera de ventana.

0 -> sólo imprime la ventana activa.

1 - > pantalla completa.

2 -> incluye la estructura del
GEOSTAR.

9.10 MUESTRA DE RESULTADOS EN LA PANTALLA (POST-PRO).

9.10.1 ACTIVAR POST-PROCESADOR.

P_ACTIVE - ACTPOST.- Este comando selecciona el tipo de análisis para post-procesamiento. Se ejecuta este comando cuando más de un tipo de análisis se ejecuta en un problema.

Sintaxis

ACTPOST, type.

donde:

type: tipo de análisis:

0 -> lineal.

1 -> no lineal.

2 -> forma de modo (frecuencia o pandeo).

P_ACTIVE - ACTSTR.- Este comando carga las componentes de esfuerzo desde la base de datos correspondiente.

Sintaxis

ACTSTR, lcts, comp. stflag, face.

donde:

lcts: número de caso de carga (si type =0) o número de pasos de tiempo (si type =1).

comp: componente de esfuerzo. Las componentes válidas son:

SX, SY, SZ: esfuerzo normal en la dirección X, Y ó Z.

TXY, TXZ, TYZ: esfuerzo cortante en los planos.

P1, P2, P3: esfuerzo normal en la dirección principal.

VON: esfuerzo de Von Mises.

INT: esfuerzo intensivo.

ERR: porcentaje de error en el esfuerzo de Von Mises

stflag: bandera de esfuerzo (por omisión 1):

1 -> esfuerzo nodal.

2 -> esfuerzo en el elemento.

face: cara en la cual el esfuerzo será

listado:

0 -> cara alta (TOP).

1 -> cara baja (BOTTOM).

Nota.

1 -> Unicamente los esfuerzos para el último caso de carga se pueden cargar desde la base de datos para mostrar en la pantalla.

**Ejemplo: ACTPOST,,
ACTSTR,1,VON,1,0.**

Este comando carga el esfuerzo de Von Mises para el caso de carga 1.

P_ACTIVE - ACTDIS.- Este comando carga la componente de desplazamiento desde la base de datos correspondiente.

Sintaxis

ACTDIS, lcts, comp.

donde:

lcts: número de caso de carga (si type = 0)
o número de paso de tiempo (si tipo = 1) o
número de forma de modo (si tipo = 2).

comp: componente de desplazamiento:

UX: desplazamiento en dirección X.

UY: desplazamiento en dirección Y.

UZ: desplazamiento en dirección Z.

RES: desplazamiento resultante.

Ejemplo: ACTDIS,3,UZ.

Este comando carga los desplazamientos en la dirección Z, resultado del tercer caso de carga, paso de tiempo o forma de modo, dependiendo del tipo de análisis activo,

9.10.2 SELECCIONAR LOS RESULTADOS A MOSTRAR

P_SETTINGS - SETSTR. - Este comando selecciona los valores asociados con los esfuerzos mostrados. El usuario únicamente necesita editar este comando si los valores por omisión no son deseados.

Sintaxis

SETSTR, scolor, levels, stmin, stmaz,
lblprintcount.

donde:

scolor: primer número del color (1 al 16).

levels: número de niveles de color (por

omisión 16).

stmin: mínimo valor de esfuerzo para mostrar en la pantalla.

stmax: máximo valor de esfuerzo para mostrar en la pantalla.

lblprintcount: intervalo entre los números de contorno (por omisión 0, no números).

P_SETTINGS - SETDIS.- Ver SETSTR.

9.10.3 MUESTRA DE RESULTADOS.

P_PLOTS - DEFPLLOT.- Carga y muestra la forma deformada del análisis estático, de frecuencia o de pandeo.

Sintaxis

DEFPLLOT, lcts, bel, eel, inc, sclflag.

donde:

número de caso de carga (si type = 0), número de paso de tiempo (si type = 1) o número de forma de modo (si type = 2).

bel: primer elemento en el grupo.

eel: último elemento en el grupo.
inc: incremento entre los elementos del grupo.
sclflag: bandera de escala de deformación:
0 -> use escala automática.
1 -> use la misma escala que el último ploteo.

Nota.

1 -> La bandera de escala de deformación, cuando se selecciona 1, permite al usuario comparar deformaciones para diferentes casos de carga o pasos de tiempo.

P_PLOTS - STRPLOT. - Muestra las componentes de esfuerzo cargadas en el comando ACTSET para los elementos de un grupo.

Sintaxis

STRPLOT, bent, eent, inc, shpflag, clrfill, chart.

donde:

bent: primer nodo o elemento en el grupo.
eent: último nodo o elemento en el grupo.

inc: incremento entre ndos o elementos del grupo.

shpflag: forma del modelo a ser usada para la muestra:

0 -> modelo sin deformar.

1 -> modelo deformado.

clrfill: bandera para zonas de esfuerzo llenas con color:

0 -> llena.

1 -> no llena (contornos son ploteados en color).

chart: bandera que dibuja la carta:

0 -> no dibuja la carta.

1 -> dibuja la carta.

P_PLOTS - DISPLOT.- Plotea contornos de desplazamiento, conectando nodos de igual desplazamiento para la componente de desplazamiento definida en ACTDIS.

Sintaxis

DISPLOT, lcts, bel, eel, inc, shpflag, clrfill, chart.

donde:

lcts: número de caso de carga (para análisis

estático), número de paso de tiempo (para análisis no lineal) o número de forma de modo (para análisis de frecuencia o pandeo).

bel: primer elemento del grupo.

eel: último elemento del grupo.

inc: incremento entre los elementos del grupo.

shpflag: ver STRPLOT.

clrfill: ver STRPLOT.

chart: ver STRPLOT.

9.10.4 LISTA DE RESULTADOS

P_RESULTS - DISMAX.- Lista los valores extremos de una componente de desplazamiento para el tipo de análisis activo. Los desplazamientos a un porcentaje de los valores extremos son también listados.

Sintaxis

DISMAX, lcts, comp, tol, criterion, srtflag.

donde:

lcts: número de caso de carga, paso de tiempo o forma de modo, dependiendo del análisis activo.

comp: componente de desplazamiento a ser listada.

tol: porcentaje de tolerancia en el listado.

criterion: criterio para el listado (por omisión abs):

ABS: máximo absoluto.

MAX: máximo algebraico.

MIN: mínimo absoluto.

srtflag: bandera de clasificación.

0 -> lista sin clasificar (listado secuencial)

1 -> lista clasificando valores de desplazamiento.

Ejemplo: DISMAX, 1,UX,10,MAX,1

Este comando lista el máximo desplazamiento en x. Los desplazamientos a 10% del máximo valor también se listan. La lista es hecha para el caso de carga 1 (o forma de modo). La lista se clasifica de acuerdo a los valores de desplazamiento.

P_RESULTS - STRMAX.- Lista los valores extremos de la componente de esfuerzo para el

tipo de análisis activo. Los valores de esfuerzo a un cierto porcentaje de los valores extremos son también listados.

Sintaxis.

STRMAX, lcts, comp, stflag, face, tol, criterion, srtflag.

donde:

lcts, tol, criterion, srtflag: ver DISMAX.

comp: componente de esfuerzo: SX, SY, SZ, TXY, TXZ, TYZ, P1, P2, P3, VON, INT.

stflag: bandera de esfuerzo.

1 -> esfuerzo nodal.

2 -> esfuerzo en el elemento (en el centro del elemento).

face: bandera para cara de los elementos CASCARON.

0 -> TOP (cara 5).

1 -> BOTTOM (cara 6).

P_RESULTS - DISLIST.- Lista todas las componentes de desplazamiento para todos los nodos de un grupo.

P_RESULTS - STRLIST.- Lista los esfuerzos

nodales, esfuerzos en el centro del elementos, o deformaciones unitarias para los elementos de un grupo.

Sintaxis

STRLIST, lcts, stflag, face, set, bent, eent, inc.

donde:

lcts, stflag, face : ver STRMAX.

set: número de la serie de componentes a ser listada (por omisión 1):

1 -> lista SX, SY, SZ, TXY, TXY y TYZ.

2 -> lista P1, P2, P3, VON, INT y ERR.

3 -> lista EPS_X, EPS_Y y EPS_Z, GAM_XY, GAM_XZ y GAM_YZ (deformaciones unitarias). Utilizado únicamente si stflag = 2.

bent, eent, inc: ver STRPLOT.

A P E N D I C E S

A P E N D I C E A.

Este apéndice presenta cuatro ejemplos de generación de geometría. Se explica el desarrollo de la geometría paso a paso mediante la explicación de los comandos de entrada.

EJEMPLOS DE GENERACION DE MALLA.

A.1 TUBO ALETEADO.

EJEMPLO1	Nombre del problema.
VIEW,1,1,1,	Selección la vista isométrica.
PT,1,30,0,30,	Define el punto No.1 de coordenadas X=30, Y=0, Z=30.
PT,2,60,0,30,	
PT,3,0,30,40,	
PT,4,0,60,40,	
PT,5,0,0,35,	
CRARC,1,1,3,5,30.8221,	Crea un arco entre los puntos 1 y 3, con centro en el punto No.5 y el radio por omisión.
CRARC,2,2,4,5,60.4152,	
SFEXTR,1,1,1,Z,70,	Define la superficie No.1 por extrusión de la curva 1 70 unidades a lo largo del eje Z.
SF2CR,2,1,2,0,	Define la superficie No.2 de 4 lados con las curvas 1 y 2, los extremos de las curvas se

conectan mediante rectas.

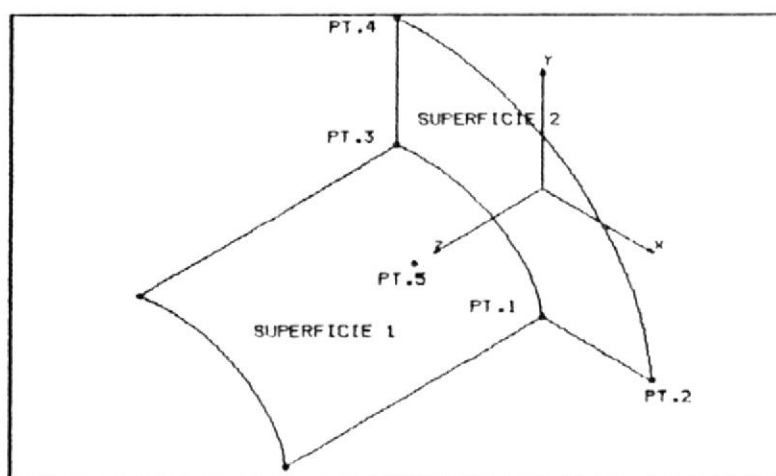


FIG. A.1.1 SUPERFICIES MODELO PARA LA GENERACION (EJEMPLO A.1).

SFGEN,20,1,2,1,2,0,0,
10,0,0,90,

Genera 20 superficies con las superficies patrón 1 y 2, con una traslación de cada superficie generada de 10 unidades y una rotación de 90 grados.

SCALE,0,

Llena la pantalla con el modelo,

VIEW,1,0,0,

Selecciona la vista en el plano Y-Z.

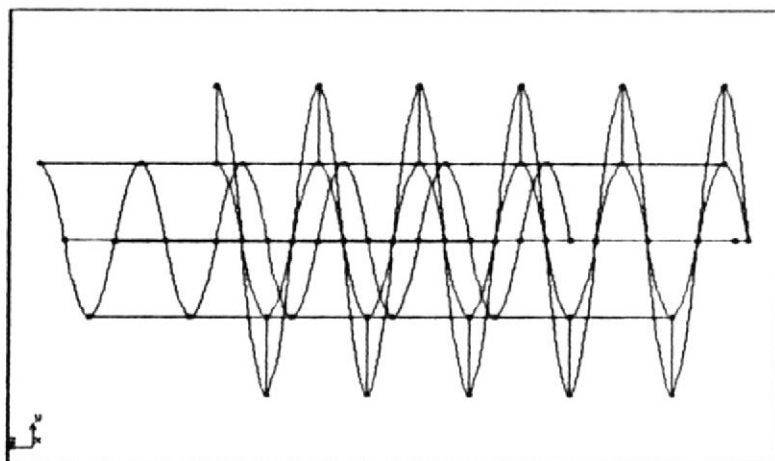


FIG. A.1.2 VISTA LATERAL DE LAS SUPERFICIES GENERADAS.
(EJEMPLO A.1)

VIEW,1,1,1,

Selecciona la vista isométrica.

M_SF,1,42,1,4,4,2,1,1,

Crea elementos finitos para las superficies 1 a 42, elementos de 4 nodos, con 4 elementos en la primera curva paramétrica y 2 en la segunda, el espacio entre elementos es el mismo en las dos direcciones.

HIDDEN;

No plotea las líneas ocultas.

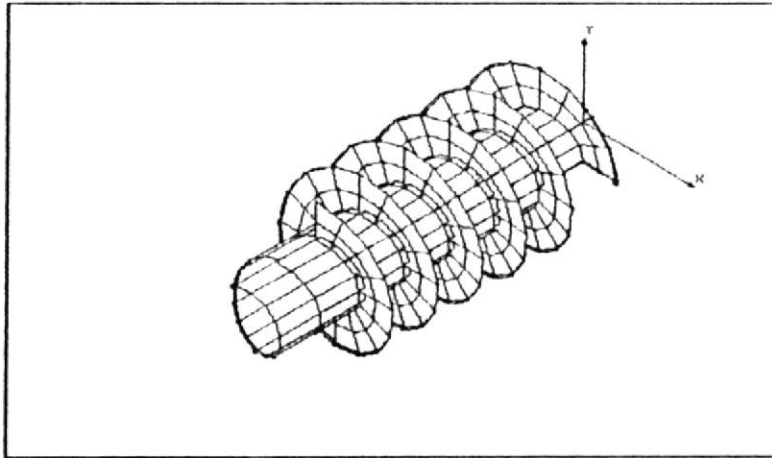


FIG. A.1.3 MALLA DE ELEMENTOS FINITOS PARA EL TUBO ALETEADO.

A.2 BIELA.

EJEMPLO3	Nombre del problema.
VIEW,0,0,1,	Define la vista del plano X-Y.
PLANE,Z,0,1	Define el plano X-Y.
GRIDON;	Activa la rejilla con los
SNAP ON	valores por omisión.
PICK ON	
PT,1,50,80,0,	
PT,2,55,75,0,	
PT,3,55,80,0,	
CRPCIRCLE,1,1,2,5,90,	Define un arco circular de 90
1,	grados de 5 unidades de radio,
	con centro en el punto 1.
CRPCIRCLE,2,1,2,15,90	
,1,	
PT,,50,95,0,	
CSYS,3,0,1,3,6,	Define el sistema local de
	coordenadas No.3 con origen en
	el punto 1, eje x hacia el punto
	3, es el sistema activo.
SF2CR,1,1,2,0	Define una superficie con las 2

curvas 1 y 2. los extremos de estas curvas los une con líneas rectas.

SFGEN,3,1,1,1,1,0,0,9
0,

SFSCALE,1,4,1,0,1.5
,1.5,1,0,-70,0,

Genera un grupo de superficies del grupo (1 a 4). Traslada las superficies a escala, 1.5 en X y 1.5 en Y, 70 unidades en la dirección Y en el sistema activo de coordenadas 3.

PLANE,Z,-5,1,
ACTSET,CS,0,

Activa el sistema de coordenadas global.

PT,19,60,50,-5,
PT,20,40,50,-5

CRCONIC,25,5,14,19,
0.5,

Crea el arco parabólico 25, con extremos en los puntos 5 y 14 y, la intersección de las tangentes en el punto 19.

CRCONIC,26,10,16,20,
0.5,

SF4CR,9,12,25,19,26,0,

VIEW,1,1,1,

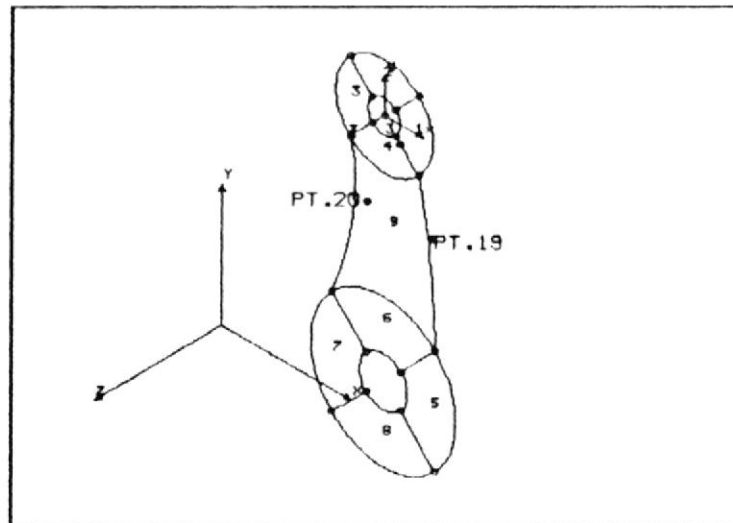


FIG. A.2.1 VISTA PRINCIPAL DE LAS SUPERFICIES GENERADAS
(BIELA).

VLEXTR,1,8,1,Z,-15,

PLANE,Z,-10,1,

VIEW,0,0,1,

PT,37,60,50,-10,

PT,38,40,50,-10,

CRCONIC,67,22,32,37,

0.5,

CRCONIC,68,28,34,38,

0.5,

SF4CR,42,67,57,68,46,

0,

SF4CR, 43, 53, 67, 34, 25,

0,

SF4CR, 44, 59, 26, 44, 68,

0,

VL4SF, 9, 9, 43, 42, 44, 1,

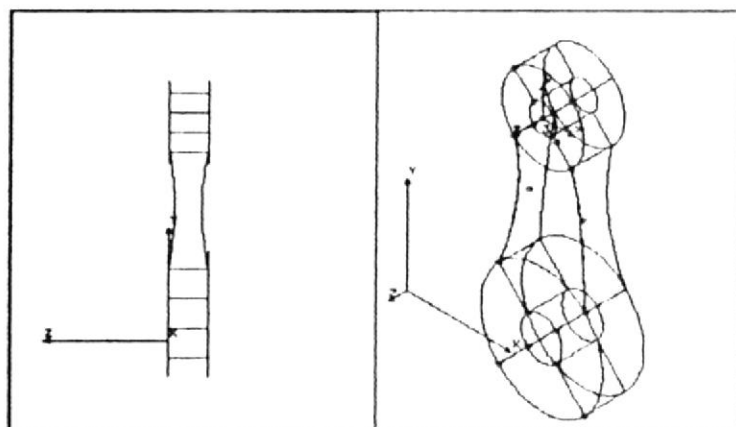


FIG. A.2.2 VISTA ISOMETRICA Y LATERAL DE LOS VOLÚMENES GENERADOS.

M_VL, 1, 8, 1, 8, 2, 2, 3, 1,

1, 1,

Crea una malla de elementos finitos sólidos, de 8 nodos por elemento, para el grupo de volúmenes (1 a 8). Existen 2, 2, y 3 elementos por cada curva paramétrica, espaciados igualmente.

M_VL, 9, 9, 1, 8, 2, 3, 4, 1,

1, 1,

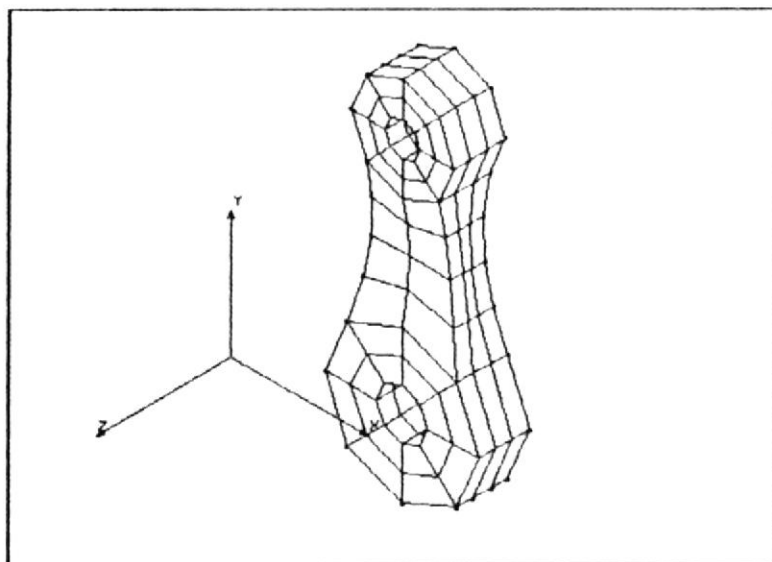


FIG. A.2.3 MALLA DE ELEMENTOS FINITOS PARA LA BIELA.

A P E N D I C E B.

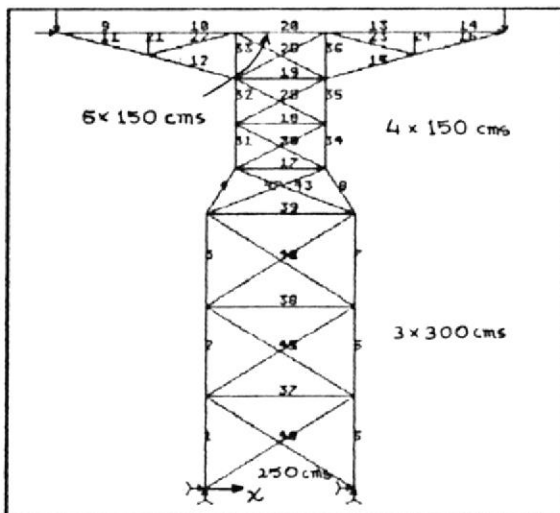
Este apéndice desarrollará problemas "tipo" de análisis por elementos finitos. Se desarrollará el método paso a paso: desde la generación de geometría inicial hasta presentar los resultados obtenidos. Es importante notar que los resultados se compararán, cuando sea posible, con resultados teóricos para obtener un porcentaje de error.

B.1 ESTRUCTURA PLANA.

TIPO: ANALISIS ESTATICO, ELEMENTO VIGA2D.

REFERENCIA: Krishnamoorthy, "Finite Element Analysis. Theory an Programming, Tata McGraw-Hill, New Delhi (1987).

PROBLEMA: Una estructura plana está sometida a las cargas que se muestran en la figura B.1.1, determinar la fuerza axial de los elementos 13, 14, 15, 16 y 23.



Dado: $E = 20000 \text{ Kn/cm}^2$.

Area de los elementos:

1 al 8 : 21.06 cm^2 .

9 al 16 : 8.66 cm^2 .

17 al 30: 4.79 cm^2 .

31 al 47: 8.66 cm^2 .

Nodo 11 y 18:

$F_x = 30 \text{ KN}$ $F_y = -60 \text{ KN}$.

FIG. B.1.1 PROBLEMA B.1.

COMANDOS:

*** GENERACION DE GEOMETRIA ***

VIEW,0,0,1,

PLANE,Z,0,1,
GRIDON;
CRPCORD,1,0,0,0,0,300,0,0,600,0,0,900,0,50,1050,0,50,1050
,0,
CRPCORD,5,250,0,0,250,300,0,250,600,0,250,900,0,200,1050,
0,200,1050,0,
CRPCORD,9,-250,1500,0,-100,1500,0,50,1500,0,50,1500,0,
CRPCORD,11,-250,1500,0,50,1350,0,50,1350,0,
CRBRK,11,11,1,2,0,
CRPCORD,13,200,1500,0,350,1500,0,500,1500,0,500,1500,0,
CRPCORD,15,200,1350,0,500,1500,0,500,1500,0,
CRBRK,15,15,1,2,0,
PT,21,50,1200,0,
PT,22,200,1200,0,
CRPCORD,17,50,1050,0,200,1050,0,200,1050,0,
CRPCORD,18,50,1200,0,200,1200,0,200,1200,0,
CRPCORD,19,50,1350,0,200,1350,0,200,1350,0,
CRPCORD,20,50,1500,0,200,1500,0,200,1500,0,
CRLINE,21,12,15,
CRLINE,22,15,13,
CRLINE,23,16,20,
CRLINE,24,17,20,
CRLINE,25,14,16,
CRLINE,26,13,19,
CRLINE,27,19,21,
CRLINE,28,14,22,

CRLINE,29,21,10,
CRLINE,30,22,5,
CRLINE,31,5,21,
CRLINE,32,21,14,
CRLINE,33,14,13,
CRLINE,34,10,22,
CRLINE,35,22,19,
CRLINE,36,19,16,
CRLINE,37,2,7,
CRLINE,38,3,8,
CRLINE,39,4,9,
CRLINE,40,1,7,
CRLINE,41,7,3,
CRLINE,42,3,9,
CRLINE,43,9,5,
CRLINE,44,6,2,
CRLINE,45,2,8,
CRLINE,46,8,4,
CRLINE,47,4,10,
SCALE,0,
SCALE,0,

*** SELECCION DEL ELEMENTO Y PROPIEDADES DEL MATERIAL ***

EGROUP,1,TRUSS2D,0,0,0,0,0,0,0,0,

*** elemento viga2D, se aceptan las opciones por omisión

MPROP,1,EX,20000,

MPROP,1,EY,0,

MPROP,1,EY,20000,

RCONS,1,1,1,1,21.06, .

*** grupo de constante real 1 = 21.06 (área de la barra)

RCONS,1,2,1,1,8.66,

*** grupo de constante real 2 = 8.66 (área) ***

RCONS,1,3,1,1,4.79,

*** grupo de constante real 3 = 4.79 (área). ***

*** GENERACION DE LA MALLA DE ELEMENTOS FINITOS ***

M_CR,1,47,1,2,1,1,

NMERGE,1,94,1,0.0001,0,0,0,

NCOMPRESS,1,36,1,

EPROPCHANGE,1,8,1,RC,1,5,

*** asignamos el grupo de constantes reales 1 a los
elementos 1 al 8 ***

EPROPCHANGE,9,16,1,RC,2,3,

EPROPCHANGE,31,47,1,RC,2,3,

EPROPCHANGE,17,30,1,RC,3,4,

*** CONDICIONES DE FRONTERA ***

DND,1,UX,0,6,5,UY,,

FND,11,FY,-60,11,1,

FND,11,FX,30,11,1,

FND,18,FX,30,18,1,

FND,18,FY,-60,18,1,

*** SELECCION DEL TIPO DE ANALISIS ***

A_STATIC,N,0,0,1e-006,1e+010,0,0,0,

*** no considera cargas especiales y efectos en el plano

DATA_CHECK,

R_CHECK,

R_STATIC,

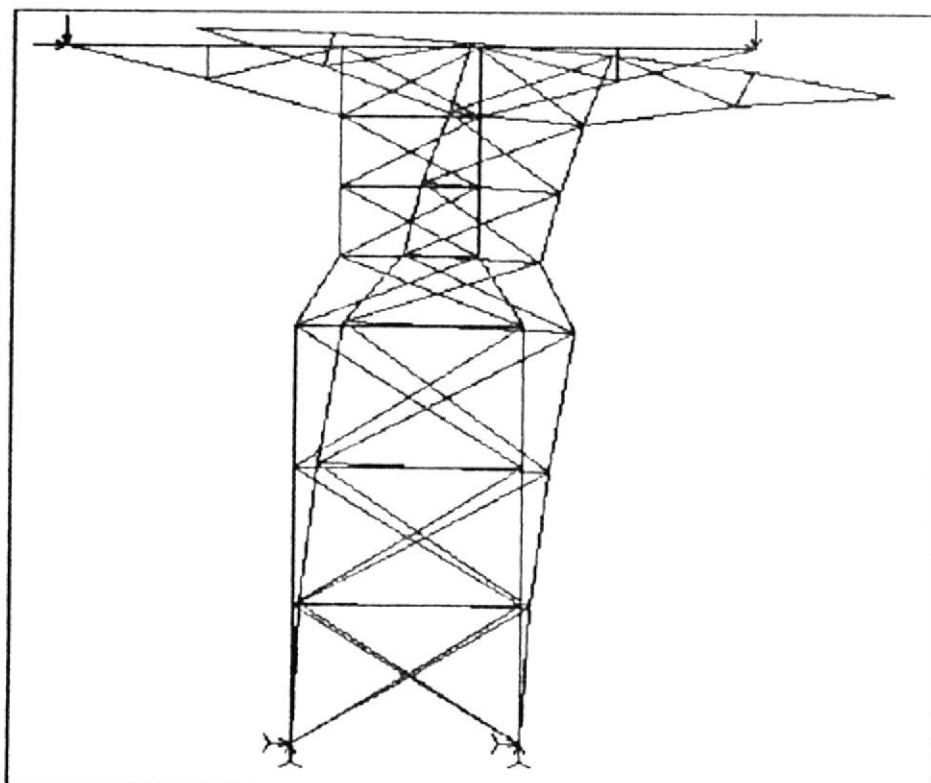


FIG. B.1.2 ESTRUCTURA PLANA DEFORMADA.

RESULTADOS.

TITULO : ESTRUCTURA EN EL PLANO

TIPO: ANALISIS ESTADICA, ELEMENTO VIGA2D (BEAM2D).

C O N T R O L I N F O R M A T I O N

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) =	40
NUMBER OF MATRIX ELEMENTS	(NWK) =	280
MAXIMUM HALF BANDWIDTH	(MK) =	12
MEAN HALF BANDWIDTH	(MM) =	7
NUMBER OF ELEMENTS	(NUME) =	47
NUMBER OF NODAL POINTS	(NUMNP)=	22
SIZE OF EACH BLOCK	(MTBLK)=	3457
NUMBER OF BLOCKS	(NBLK) =	1

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .431267E+04
MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .206553E+03

LOAD CASE NUMBER = 1

TOTAL STRAIN ENERGY = .304978E+03

SOLUTION TIME LOG IN SEC

(PARA HALLAR LAS DEFORMACIONES).

FOR PROBLEM

TIME FOR INPUT PHASE	=	5
TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX=		1
TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX	=	0
TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS	=	2
TOTAL SOLUTION TIME	=	8

STRESS EVALUATION FOR STATIC ANALYSIS

STRESS OUTPUT FOR ELEMENT GROUP 1 CASE NO. 1			
ELEMENT NUMBER	FORCE	STRESS	TEORIA METODO DE JUNTAS.
1	.271833E+03	.129075E+02	
2	.198597E+03	.943005E+01	
3	.124579E+03	.591544E+01	
4	.111118E+03	.527624E+01	
5	-.376167E+03	-.178617E+02	
6	-.305403E+03	-.145016E+02	
7	-.235421E+03	-.111786E+02	
8	-.230408E+03	-.109406E+02	
9	.900000E+02	.103926E+02	
10	.900000E+02	.103926E+02	
11	-.134164E+03	-.154924E+02	
12	-.134164E+03	-.154924E+02	
13	.150000E+03	.173210E+02	0.150E+3
14	.150000E+03	.173210E+02	0.150E+3
15	-.134164E+03	-.154924E+02	-0.13416E+3
16	-.134164E+03	-.154924E+02	
17	-.746939E+01	-.155937E+01	
18	.275962E+02	.576122E+01	
19	-.101611E+03	-.212131E+02	
20	.117631E+03	.245577E+02	
21	-.232077E-12	-.484503E-13	
22	.934191E-12	.195029E-12	
23	-.568101E-12	-.118602E-12	0.0
24	.215199E-12	.449266E-13	0.0
25	.457764E+02	.955666E+01	
26	-.390764E+02	-.815791E+01	
27	.130701E+02	.272862E+01	
28	-.717827E+02	-.149860E+02	
29	-.520971E+02	-.108762E+02	

30	.327557E+02	.683836E+01
31	.968382E+02	.111822E+02
32	.507581E+02	.586121E+01
33	.276312E+02	.319067E+01
34	-.203162E+03	-.234598E+02
35	-.129242E+03	-.149240E+02
36	-.323688E+02	-.373774E+01
37	.120246E+02	.138853E+01
38	.931342E+01	.107545E+01
39	.272314E+02	.314451E+01
40	.366656E+02	.423391E+01
41	-.554488E+02	-.640286E+01
42	.409007E+02	.472295E+01
43	.243076E+02	.280688E+01
44	-.570573E+02	-.658861E+01
45	.382742E+02	.441966E+01
46	-.528223E+02	-.609957E+01
47	-.356924E+02	-.412153E+01

S O L U T I O N T I M E L O G I N S E C F O R S T R E S S C A L C U L A T I O N S

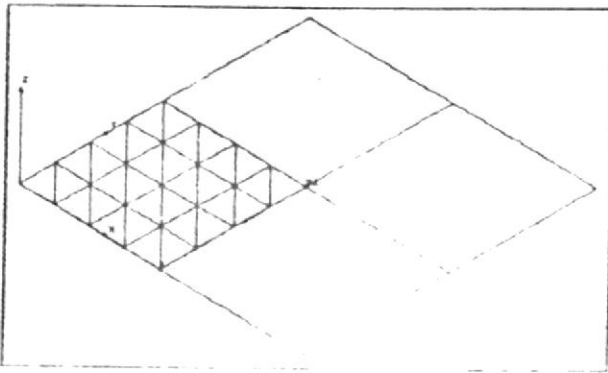
READING GENERAL INFORMATION AND ELEMENT DATA . . .	=	3
STRESS CALCULATION AND PRINTOUT	=	1
UPDATING DATABASE	=	1
T O T A L S O L U T I O N T I M E	=	5

B.2. PLACA SIMPLEMENTE APOYADA.

TIPO: ANALISIS ESTATICO. ELEMENTO CASCARON3T.

REFERENCIA: S. Timoshenko y S. Woinowsky-Krieger, "Theory of Plates and Shells". McGraw-Hill, New York (1959).

PROBLEMA : Una placa simplemente soportada sujeta a una presión uniforme. Determine la deflección en el centro.



Dado: $E = 3.0e7$ psi.

$\nu = 0.3$

$h = 8$ pulg.

$p = 1$ psi.

$a = b = 40$ pul.

FIG. B.2.1 PROBLEMA B.2.

COMANDOS:

*** GENERACION DE GEOMETRIA ***

PLANE,2,0,1.

VIEW,0,0,1.

CRPCOR,1,0,0,0,40,0,0,40,40,0,0,40,0,0,0,0,

SF4CR,1,1,2,3,4,0,

SFERK,1,0.5,0.5,0.

SCALE,0,

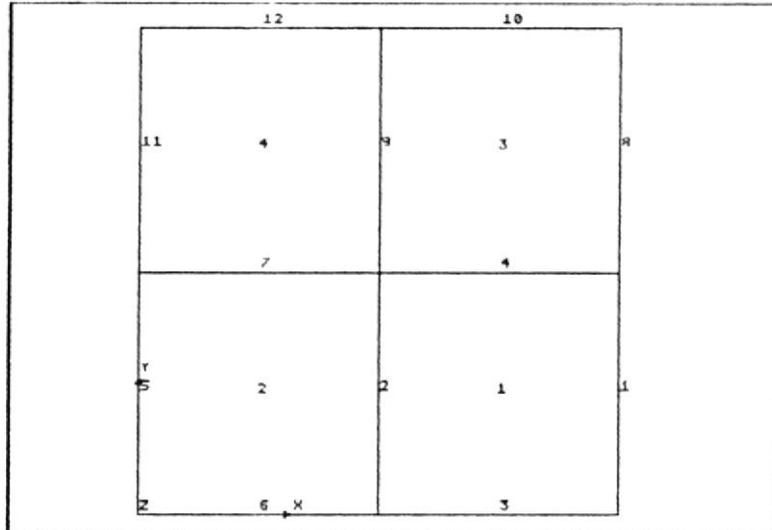


FIG. B.2.2 GEOMETRIA DEL PROBLEMA B.2.

```

*** SELECCION DEL ELEMENTO Y PROPIEDADES DEL MATERIAL ***
EGROUP,1,SHELL3T,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
*** elemento cascarón grueso, debido a que el espesor es 8
pulgadas ***
MPROP,1,EX,3E07,
MPROP,1,EY,3E07,
MPROP,1,NUXY,0.3,
RCONST,1,1,1,1,8,

*** GENERACION DE LA MALLA DE ELEMENTOS FINITOS ***
M_SF,2,2,1,3,4,4,1,1,
*** malla la superficie 2 con elementos de 3 nodos, 4
elementos se ubican en cada curva paramétrica ***.
```

```

NMERGE,1,25,1,0.0001,0,0,0,
*** no existen nodos coincidentes ***.

*** CONDICIONES DE FRONTERA ****
DND,1,UX,0,5,1,UY,UZ,RY,,
DND,5,UX,0,25,5,UY,UZ,RX,,
DND,21,UY,0,25,1,RX,,
*** condiciones de simetria ***
DND,1,UX,0,21,5,RY,,
*** condiciones de simetria ***
PEL,1,1,5,32,1,
SCALE,0,
VIEW,1,1,1,

```

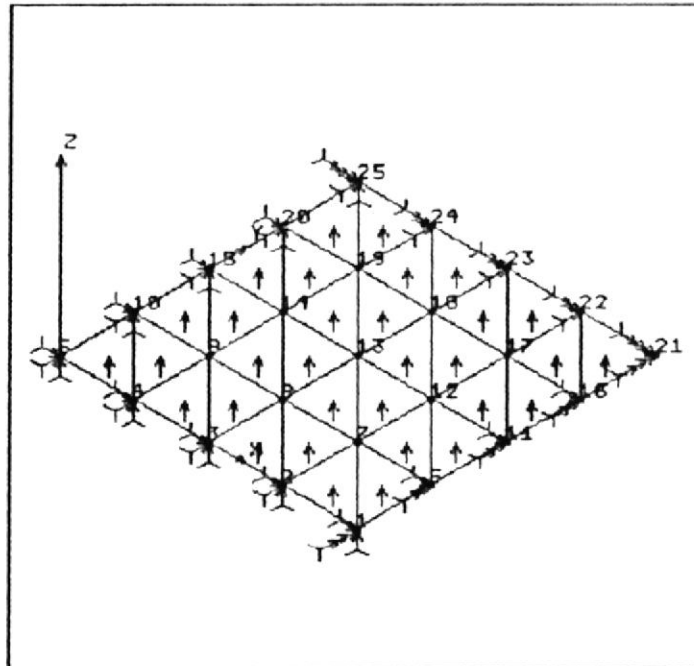


FIG. B.2.3 ELEMENTOS FINITOS Y CONDICIONES DE FRONTERA (PROBLEMA B.2).

*** SELECCION DEL TIPO DE ANALISIS ***

A_STATIC,N,0,1,1e-006,1e+010,0,0,0.

*** sin cargas especiales, adiciona un resorte suave ***

STRESS,0,

*** no ejecuta el análisis de esfuerzo. ***

DATA_CHECK,

R_CHECK,

R_STATIC,

RESULTADOS.

TITULO : DEFLECCION DE UNA PLACA SIMPLEMENTE APOYADA.

TIPO: ANALISIS ESTATICO ELEMENTO SHELL3T

C O N T R O L I N F O R M A T I O N

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)	=	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		

T O T A L S Y S T E M D A T A

NUMBER OF EQUATIONS (NEQ) = 97
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS (NWK) = 1897
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH (MK) = 30
 MEAN HALF BANDWIDTH (MM) = 19
 NUMBER OF ELEMENTS. (NUME) = 32
 NUMBER OF NODAL POINTS. (NUMNP)= 25
 SIZE OF EACH BLOCK. (MTBLK)= 3400
 NUMBER OF BLOCKS. (NBLK) = 1

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .456509E+10
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .690554E+08

LOAD CASE NUMBER. = 1

TOTAL STRAIN ENERGY = .710468E-03

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	.00000	.00000	.00000	5.93067E-07	.00000	.00000
2	.00000	.00000	.00000	5.45755E-07	.00000	.00000
3	.00000	.00000	.00000	4.24092E-07	.00000	.00000
4	.00000	.00000	.00000	2.35087E-07	.00000	.00000
5	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
6	.00000	.00000	3.57993E-06	5.27928E-07	.00000	.00000
7	.00000	.00000	3.32978E-06	4.91775E-07	-7.61461E-08	.00000
8	.00000	.00000	2.63308E-06	3.82128E-07	-1.50280E-07	.00000
9	.00000	.00000	1.50413E-06	2.10840E-07	-2.10840E-07	.00000
10	.00000	.00000	.00000	.00000	-2.35087E-07	.00000
11	.00000	.00000	6.34506E-06	3.82910E-07	.00000	.00000
12	.00000	.00000	5.91002E-06	3.56664E-07	-1.42426E-07	.00000

13	.00000	.00000	4.65534E-06	2.76008E-07	-2.76008E-07	.00000
14	.00000	.00000	2.63309E-06	1.50280E-07	-3.82128E-07	.00000
15	.00000	.00000	.00000	.00000	-4.24092E-07	.00000
16	.00000	.00000	8.05759E-06	1.98454E-07	.00000	.00000
17	.00000	.00000	7.51394E-06	1.84814E-07	-1.84814E-07	.00000
18	.00000	.00000	5.91002E-06	1.42426E-07	-3.56664E-07	.00000
19	.00000	.00000	3.32978E-06	7.61461E-08	-4.91775E-07	.00000
20	.00000	.00000	.00000	.00000	-5.45755E-07	.00000
21	.00000	.00000	8.61407E-06	.00000	.00000	.00000
22	.00000	.00000	8.05759E-06	.00000	-1.98454E-07	.00000
23	.00000	.00000	6.34505E-06	.00000	-3.82910E-07	.00000
24	.00000	.00000	3.57993E-06	.00000	-5.27928E-07	.00000
25	.00000	.00000	.00000	.00000	-5.93067E-07	.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	=	6
TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX=		6
TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX	=	2
TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS	=	5
T O T A L S O L U T I O N T I M E	=	19

RESULTADOS.

TEORIA : 8.925 E-6

COSMOSM : 8.614 E-6

% DE ERROR : 3.48%.

B.3 CONDUCCION DE CALOR EN UNA PLACA CUADRADA CON
CONDICIONES DE TEMPERATURA.

TIPO: ANALISIS TERMICO, ESTADO ESTABLE, ELEMENTO PLANE2D.

REFERENCIA: H. S. Carslaw, J. C. Jaeger, "Conduction of Heat in Solids", Segunda edición, Oxford University Press (1959).

PROBLEMA: Una placa cuadrada (1 pulgada x 1 pulgada) de una unidad de espesor, tiene una temperatura de 100°F . Los otros tres lados están a 0°F . Todos los 4 lados y las dos caras de la placa están aisladas. Se pide hallar la distribución de temperatura en la placa en condiciones de estado estable.

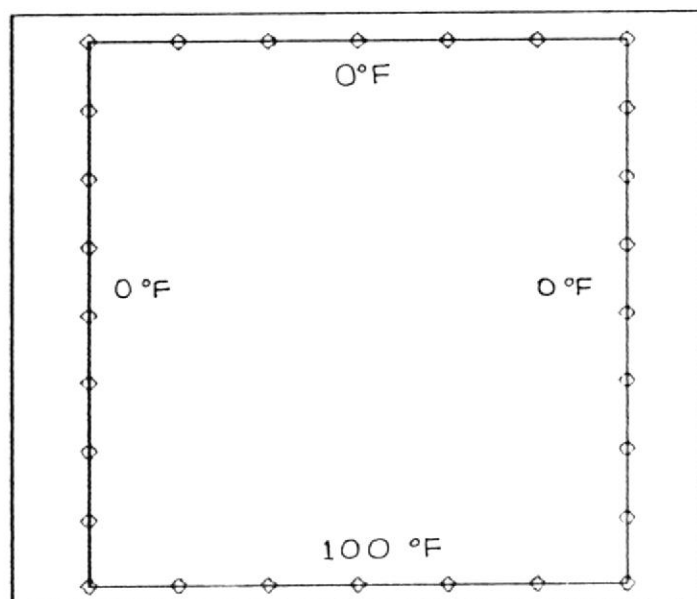


FIG. B.3.1 PROBLEMA B.3.

COMANDOS:

*** GENERACION DE GEOMETRIA ***

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,

SF4CR,1,1,2,3,4,0,

*** SELECCION DEL ELEMENTO Y PROPIEDADES DEL MATERIAL ***

EGROUP,1,PLANE2D,0,1,0,0,0,0,0,0,

*** elemento plane stress, aceptamos los valores por omisión ***

MPROP,1,KX,1,

MPROP,1,KY,1,

RCONST,1,1,1,1,1,

*** GENERACION DE MALLA DE ELEMENTOS FINITOS ***

M_SF,1,1,1,4,6,8,1,1,

*** elemento de 4 nodos, con 6 y 8 elementos por curva paramétrica respectivamente ***

NMERGE,1,63,1,0.0001,0,-0,0,

*** CONDICIONES DE FRONTERA ***

NTND,57,0,63,1,

NTND,1,0,50,7,

NTND,7,0,56,7,

NTND,2,100,6,1,

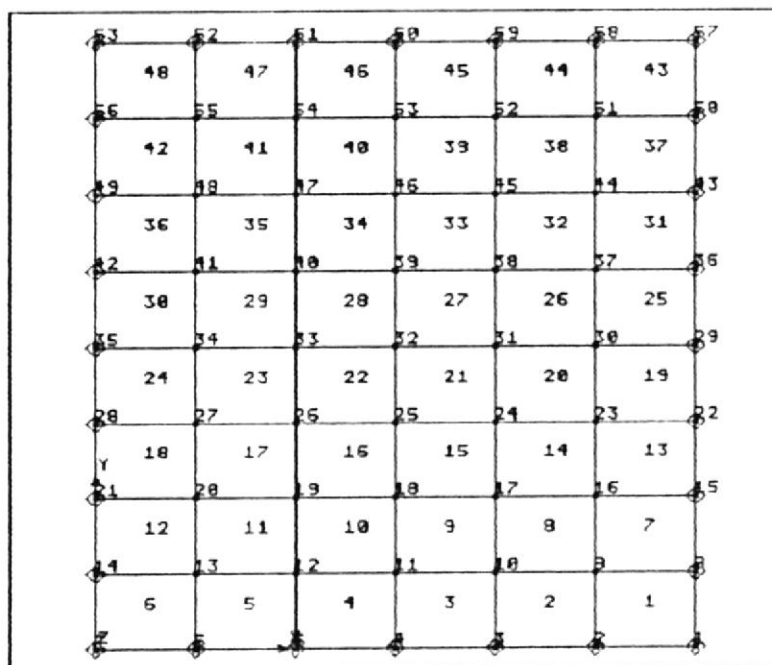


FIG. B.3.2 ELEMENTOS Y CONDICIONES DE TEMPERATURA PARA LA PLACA (PROBLEMA B.3).

*** COMUNICACION CON MODSTAR ***

MODINPUT,.,.,

*** se crea el archivo ejemplo2.mod ***

MODSTAR.

FILEINPUT,.,.,.

*** ingresamos la base de datos creada en GEOSTAR para analizar ***

*** SELECCION DEL TIPO DE ANALISIS ***

ANALISYS,THERMAL,S,.,.,

*** selección del análisis térmico, estado estable.

DATA_CHECK,

R_CHECK,

R_THERMAL,

RESULTADOS.

TITULO: ANALISIS BIDIMENSIONAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR, ESTADO ESTABLE.

TIPO: ANALISIS TERMICO, ELEMENTO PLANO2D.

Structural Research and Analysis Corporation HSTAR 1.6

Total number of nodes = 63
Total number of elements = 48
Total number of words in stiffness matrix = 509
Maximum half bandwidth = 9
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	.00000	2	100.00	3	100.00	4	100.00
5	100.00	6	100.00	7	.00000	8	.00000
9	49.795	10	71.979	11	75.225	12	71.979
13	49.795	14	.00000	15	.00000	16	29.752
17	48.102	18	53.567	19	48.102	20	29.752
21	.00000	22	.00000	23	18.912	24	31.921
25	36.377	26	31.921	27	18.912	28	.00000
29	.00000	30	12.190	31	20.910	32	24.028
33	20.910	34	12.190	35	.00000	36	.00000
37	7.7005	38	13.288	39	15.315	40	13.288
41	7.7005	42	.00000	43	.00000	44	4.5212
45	7.8188	46	9.0215	47	7.8188	48	4.5212
49	.00000	50	.00000	51	2.0896	52	3.6164
53	4.1743	54	3.6164	55	2.0896	56	.00000

57	.00000	58	.00000	59	.00000	60	.00000
61	.00000	62	.00000	63	.00000		

S O L U T I O N T I M E L O G

Input phase	=	11.000	
Assemblage of matrices	=	3.000	
Calculation of effective heat flow vectors	=	.000	
Triangularization of conductivity matrix	=	.000	
Solution of equations	=	.000	
Miscellaneous calculations	=	3.000	
T O T A L S O L U T I O N T I M E	=	17.000	Seconds

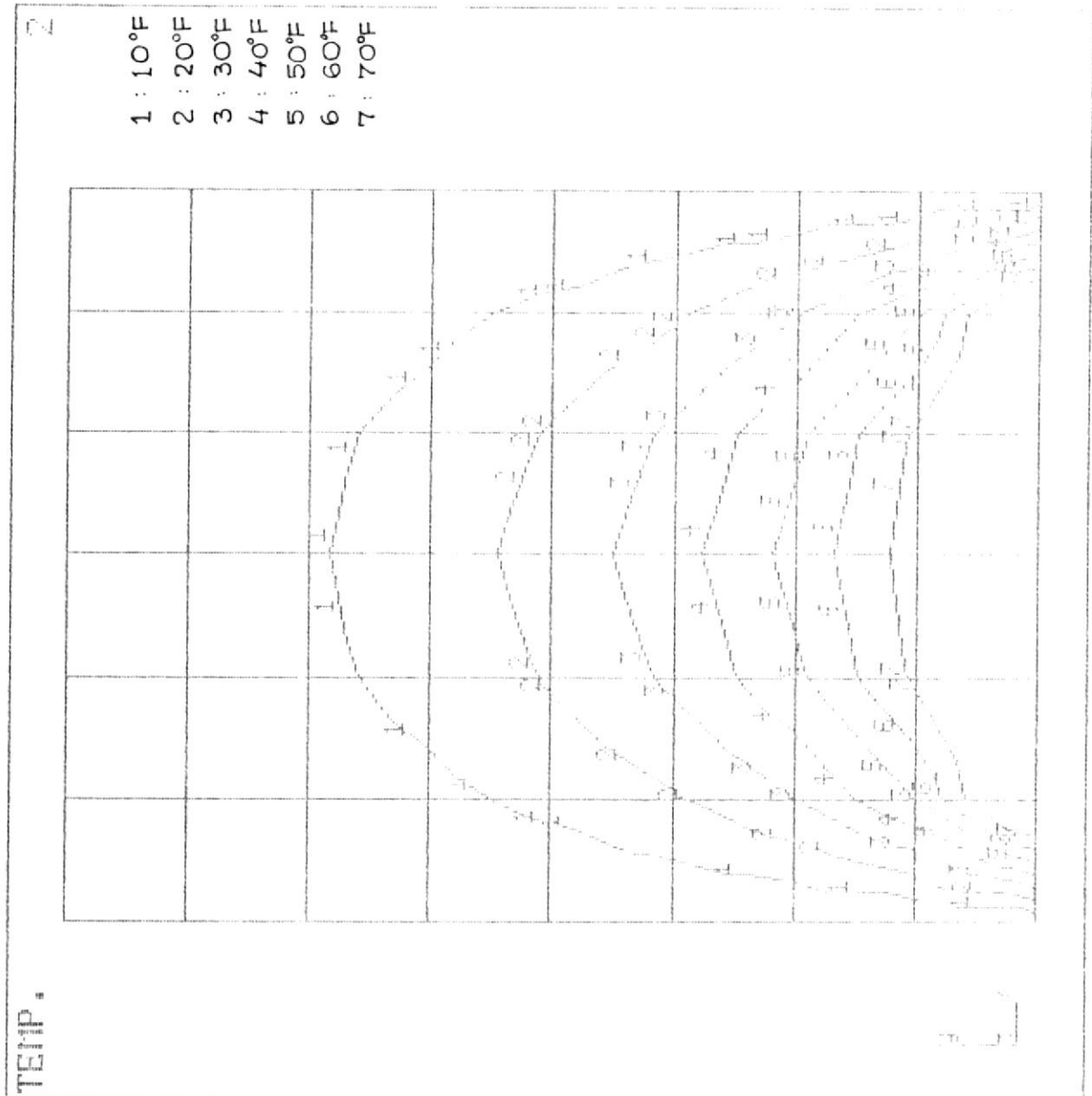


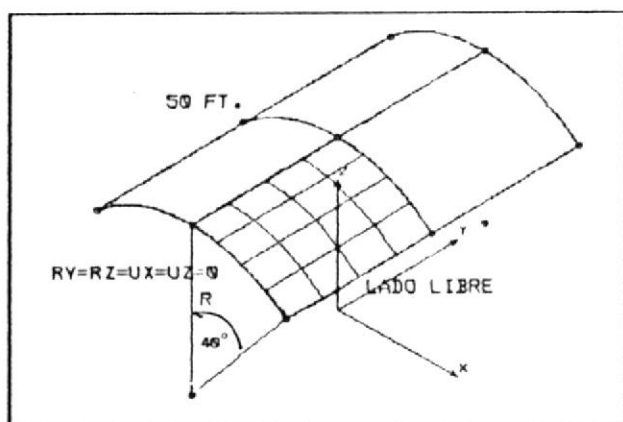
FIG. B.3.3 CURVAS DE IGUAL TEMPERATURA PARA LA PLACA.

B.4 CUBIERTA CILINDRICA.

TIPO: ANALISIS ESTATICO, ELEMENTO SHELL.

REFERENCIA: Scordelis, A. C. y K. S. Lo, Computer Analysis of Cylindrical Shells, ACI Journal, 1964.

PROBLEMA: Determine la deflección vertical a lo largo de la sección media de una cubierta sometida a la carga de su propio peso. Las dimensiones y condiciones de borde se presentan a continuación:



Dado: $E = 4.32 \text{ E8 lb/pie}^2$

$R = 25 \text{ pies.}$

$L = 50 \text{ pies.}$

$t = 0.25 \text{ pie.}$

$u = 0.0$

peso de la cubierta:

$90 \text{ lb/pie}^2.$

FIG. B.4.1 PROBLEMA B.4.

COMANDOS:

*** GENERACION DE GEOMETRIA ***

PT,1,0,0,0

PT,2,0,0,25,

```
PTRELOC,1,2,1,0,0,25,0,
PLANE,Y,25,1,
CRPCIRCLE,1,1,2,25,80,1,
CRRELOC,1,1,1,1,0,-40,0,
*** gira la curva 40 grados alrededor del eje Y ***
SFEXTR,1,1,1,Y,-50,
*** genera una superficie por la extrusión de la curva 1 50
unidades en el eje Y- ***
SFBRK,1,0.5,0.5,0,
*** quiebra la superficie en 4 superficies iguales ***
VIEW,1,1,1,
SCALE,0,

*** SELECCION DEL ELEMENTO Y PROPIEDADES DEL MATERIAL ***
EGROUP,1,SHELL4,1,0,0,0,0,0,0,0,
MPROP,1,EX,4.32E+8,
MPROP,1,EY,4.32E+8,
MPROP,1,NUXY,0,
MPROP,1,DENS,11.18,
RCONST,1,1,1,1,0.25,

*** GENERACION DE LA MALLA DE ELEMENTOS FINITOS ***
M_SF,4,4,1,4,4,4,1,1,
*** se escoge un elemento de 4 nodos, colocando 4 elementos
en cada curva paramétrica de la superficie ***
```

*** CONDICIONES DE FRONTERA ***

DND,21,UX,0,25,1,UZ,RY,RZ,,

DND,1,UY,0,5,1,RX,RZ,,

DND,1,UX,0,21,5,RY,RZ,,

ACEL,0,0,32.2,

*** aceleración de la gravedad positiva en dirección z
negativa ***

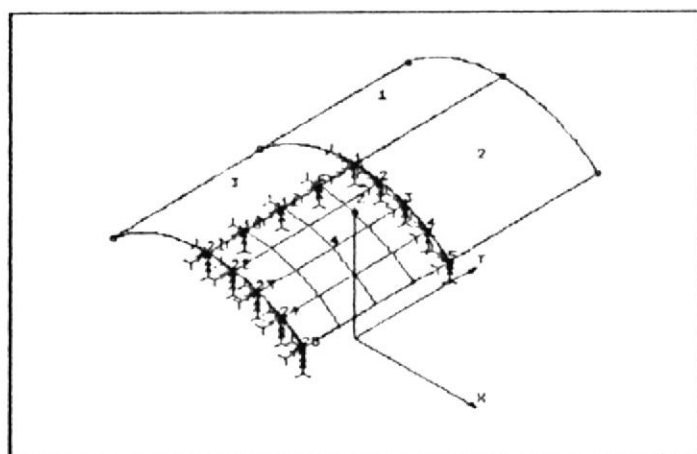


FIG. B.4.2 ELEMENTOS FINITOS Y CONDICIONES DE FRONTERA
(PROBLEMA B.4).

*** SELECCION DEL TIPO DE ANALISIS ***

A_STATIC,G,1,0,1e-006,1e+010,0,0,0,

*** carga gravitacional, considera efectos en el plano ***

DATA_CHECK,

R_CHECK,

R_STATIC,

RESULTADOS.

TITULO : CUBIERTA CILINDRICA BAJO CARGA DE SU PROPIO PESO.

TIPO: ANALISIS ESTATICO, ELEMENTO SHELL4

C O N T R O L I N F O R M A T I O N
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) = 1
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) = 1
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

T O T A L S Y S T E M D A T A

NUMBER OF EQUATIONS	(NEQ) =	104
NUMBER OF MATRIX ELEMENTS	(NWK) =	2873
MAXIMUM HALF BANDWIDTH	(MK) =	39
MEAN HALF BANDWIDTH	(MM) =	27
NUMBER OF ELEMENTS	(NUME) =	16
NUMBER OF NODAL POINTS	(NUMNP)=	25
SIZE OF EACH BLOCK	(MTELK)=	3393
NUMBER OF BLOCKS	(NBLK) =	1

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .712831E+09
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .972417E+06

M A S S M O M E N T I N F O R M A T I O N

WEIGHT	.392223E+05	MASS	.121808E+04	VOLUME	.108952E+03

MASS MOMENT OF INERTIA W.R.T. C.G.					

IX	.643426E+05	IY	.289900E+05	IZ	.862441E+05

MASS PRODUCT OF INERTIA W.R.T. C.G.					

PXY	.153022E-01	PXZ	-.919172E+04	PYZ	.999427E-01

RADIOI OF GYRATION W.R.T. C.G.					

RX	.726793E+01	RY	.487850E+01	RZ	.841446E+01

CENTER OF GRAVITY					

CGx	.835674E+01	CGy	-.125000E+02	CGz	.229614E+02
PRINCIPAL MASS MOMENT OF INERTIA					
P1	.895904E+05	P2	.609963E+05	P3	.289900E+05
PRINCIPAL RADII OF GYRATION					
R1	.857615E+01	R2	.707641E+01	R3	.487850E+01
PRINCIPAL AXES (DIRECTION COSINES IN ROWS W.R.T C.G)					
N_11	.342095E+00	N_12	-.163609E-05	N_13	.939666E+00
N_21	.939666E+00	N_22	.618969E-06	N_23	-.342095E+00
N_31	-.219271E-07	N_32	.100000E+01	N_33	.174912E-05

DISPLACEMENTS AFTER INCLUDING INPLANE LOAD EFFECTS

LOAD CASE NUMBER. = 1

TOTAL STRAIN ENERGY = .116305E+04

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	.00000	.00000	-3.64696E-02	.00000	.00000	.00000
2	2.44979E-03	.00000	-9.28031E-03	.00000	-1.27409E-02	.00000
3	2.33210E-02	.00000	6.95057E-02	.00000	-2.46891E-02	.00000
4	7.73402E-02	.00000	.18650	.00000	-3.29311E-02	.00000

5	.16652	.00000	.31428	.00000	-3.55454E-02	.00000
6	.00000	-5.69382E-05	-3.30511E-02	-7.47514E-04	.00000	.00000
7	2.26465E-03	-4.23810E-04	-7.99581E-03	-1.48071E-05	-1.17093E-02	-3.83250E-05
8	2.13635E-02	-1.10774E-03	6.40825E-02	2.26042E-03	-2.24960E-02	-6.18024E-04
9	7.03912E-02	-5.86144E-04	.17026	5.92930E-03	-2.97899E-02	-2.28182E-03
10	.15090	4.26127E-03	.28563	9.10343E-03	-3.20688E-02	-4.43701E-03
11	.00000	-2.00107E-04	-2.38450E-02	-1.10748E-03	.00000	.00000
12	1.76802E-03	-8.30946E-04	-4.59730E-03	1.09404E-04	-8.86748E-03	-4.62060E-05
13	1.59898E-02	-1.98987E-03	4.89916E-02	3.94406E-03	-1.64065E-02	-1.01106E-03
14	5.11167E-02	-9.86072E-04	.12501	1.04872E-02	-2.10800E-02	-3.97287E-03
15	.10763	7.77608E-03	.20596	1.62745E-02	-2.24223E-02	-7.89204E-03
16	.00000	-4.68364E-04	-1.16161E-02	-7.26987E-04	.00000	.00000
17	1.01415E-03	-1.23320E-03	-9.09028E-04	9.68093E-04	-4.75001E-03	-7.37265E-05
18	8.21150E-03	-2.53214E-03	2.63512E-02	5.50979E-03	-7.89477E-03	-1.27900E-03
19	2.38504E-02	-1.03822E-03	6.04534E-02	1.26584E-02	-8.98676E-03	-4.70004E-03
20	4.64992E-02	9.76922E-03	9.29881E-02	1.95526E-02	-8.62913E-03	-9.46779E-03
21	.00000	-7.40201E-04	.00000	-2.68063E-05	.00000	.00000
22	.00000	-1.53250E-03	.00000	1.63065E-03	.00000	.00000
23	.00000	-2.45921E-03	.00000	3.12496E-03	.00000	.00000
24	.00000	-6.84833E-05	.00000	4.58959E-03	.00000	.00000
25	.00000	9.57615E-03	.00000	5.10856E-03	.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	=	6
TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX=		14
TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX	=	13
TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS	=	6
T O T A L S O L U T I O N T I M E	=	39

5	.16652	.00000	.31428	.00000	-3.55454E-02	.00000
6	.00000	-5.69382E-05	-3.30511E-02	-7.47514E-04	.00000	.00000
7	2.26465E-03	-4.23810E-04	-7.99581E-03	-1.48071E-05	-1.17093E-02	-3.83250E-05
8	2.13635E-02	-1.10774E-03	6.40825E-02	2.26042E-03	-2.24960E-02	-6.18024E-04
9	7.03912E-02	-5.86144E-04	.17026	5.92930E-03	-2.97899E-02	-2.28182E-03
10	.15090	4.26127E-03	.28563	9.10343E-03	-3.20688E-02	-4.43701E-03
11	.00000	-2.00107E-04	-2.38450E-02	-1.10748E-03	.00000	.00000
12	1.76802E-03	-8.30946E-04	-4.59730E-03	1.09404E-04	-8.86748E-03	-4.62060E-05
13	1.59898E-02	-1.98987E-03	4.89916E-02	3.94406E-03	-1.64065E-02	-1.01106E-03
14	5.11167E-02	-9.86072E-04	.12501	1.04872E-02	-2.10800E-02	-3.97287E-03
15	.10763	7.77608E-03	.20596	1.62745E-02	-2.24223E-02	-7.89204E-03
16	.00000	-4.68364E-04	-1.16161E-02	-7.26987E-04	.00000	.00000
17	1.01415E-03	-1.23320E-03	-9.09028E-04	9.68093E-04	-4.75001E-03	-7.37265E-05
18	8.21150E-03	-2.53214E-03	2.63512E-02	5.50979E-03	-7.89477E-03	-1.27900E-03
19	2.38504E-02	-1.03822E-03	6.04534E-02	1.26584E-02	-8.98676E-03	-4.70004E-03
20	4.64992E-02	9.76922E-03	9.29881E-02	1.95526E-02	-8.62913E-03	-9.46779E-03
21	.00000	-7.40201E-04	.00000	-2.68063E-05	.00000	.00000
22	.00000	-1.53250E-03	.00000	1.63065E-03	.00000	.00000
23	.00000	-2.45921E-03	.00000	3.12496E-03	.00000	.00000
24	.00000	-6.84833E-05	.00000	4.58959E-03	.00000	.00000
25	.00000	9.57615E-03	.00000	5.10856E-03	.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	=	6
TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX=		14
TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX	=	13
TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS	=	6
T O T A L S O L U T I O N T I M E	=	39

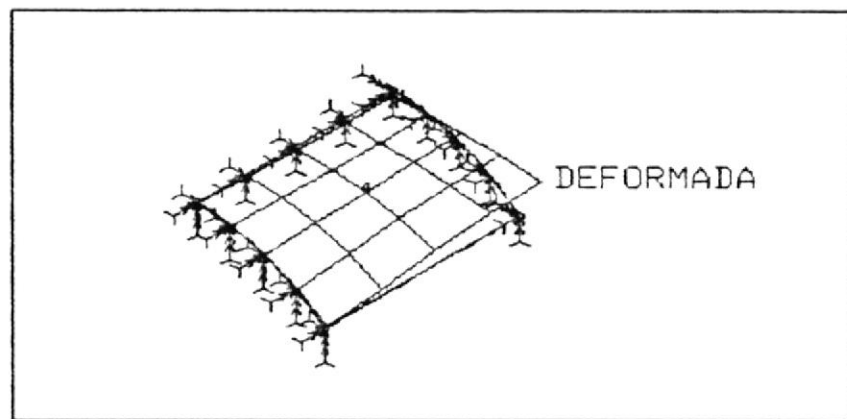


FIG B.4.3 DEFORMACION DE LA CUBIERTA (PROBLEMA B.4).

RESULTADOS:

TEORIA: 0.3024 pies.

COSMOSM: 0.31428 pies.

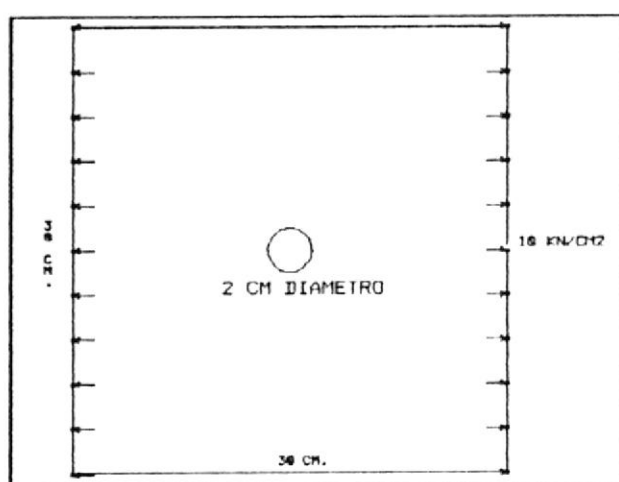
% ERROR : 3.92%.

B.5 EFECTO DE UNA AGUJERO CIRCULAR EN LA DISTRIBUCION DEL ESFUERZO DE UNA PLACA

TIPO: ANALISIS ESTATICO, ELEMENTO PLANE2D, ESFUERZO PLANO.

REFERENCIA: Krishnamoorthy, C. S. Finite Element Analysis, Theory and Programming, Tata McGraw-Hill, 1987.

PROBLEMA: Determinar el factor de concentración de esfuerzo para una placa cuadrada sujeta a tensión uniforme.



Dado: $E = 2.0E4 \text{ kN/cm}^2$

$\nu = 0.3$

Espesor = 2.5 cm.

FIG. B.5.1 PROBLEMA B.5

COMANDOS:

*** GENERACION DE GEOMETRIA ***

VIEW,0,0,1,

PLANE,Z,0,1,

```
SCALE,0,  
CRPCORD,1,-15,-15,0,15,-15,0,15,15,0,-15,15,0,-15,-15,0,  
PT,5,0,0,0,  
PT,6,1,0,0,  
CRPCIRCLE,5,5,6,1,90,1,  
PT,8,4,0,0,  
PT,9,9,0,0,  
PT,10,0,4,0,  
PT,11,0,9,0,  
CRBRK,2,3,1,2,0,  
CRPLINE,8,6,8,9,12,12,  
CRPLINE,11,7,10,11,13,13,  
CRPCIRCLE,14,5,8,4,90,1,  
CRPCIRCLE,15,5,9,9,90,1,  
SF4CR,1,5,11,14,8,0,  
SF4CR,2,14,12,15,9,0,
```

```
*** SELECCION DEL ELEMENTO Y PROPIEDADES DEL MATERIAL ***
```

```
EGROUP,1,PLANE2D,0,1,0,0,0,0,0,0,
```

```
*** elemento plane stress, se acepta las opciones por  
omisión ***
```

```
MPROP,1,EX,2E+4,
```

```
MPROP,1,NUXY,0.3,
```

```
RCONS,1,1,1,1,2.5,
```

```
*** espesor de la placa 2.5 cm. ***
```

```

*** GENERACION DE LA MALLA DE ELEMENTOS FINITOS ***
M_SF,1,2,1,4,6,2,1,1,
*** elementos de 4 nodos, con 6 y 2 elementos en cada curva
paramétrica ***
M_SF,3,4,1,4,3,2,1,1,
NMERGE,1,66,1,0.0001,0,0,0,
*** si existen nodos que coinciden ***
NCOMPRESS,1,66,1,
CLS,1,
SCALE,0,

```

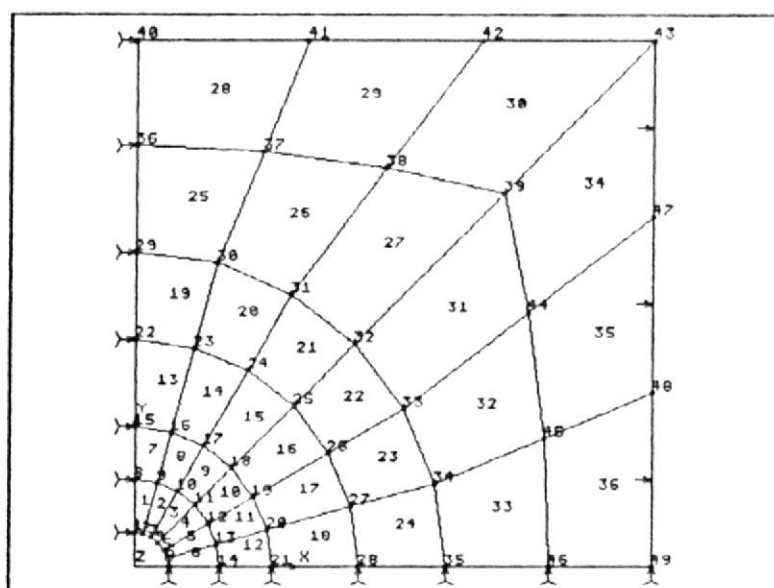


FIG. B.5.2 ELEMENTOS FINITOS Y CONDICIONES DE FRONTERA
(PROBLEMA B.5).

```

*** CONDICIONES DE FRONTERA ***

```

```

DND,1,UX,0,40,7,,
DND,7,UY,0,49,7,,
DNDEL,42,UY,42,1,,
DND,46,UY,0,46,1,,
DND,40,UX,0,40,1,,
PEL,34,-10,3,36,1,
*** presión sobre los elementos de 10 KN/cm2. ***
CLS,1,

*** SELECCION DEL TIPO DE ANALISIS ***
A_STATIC,N,0,0,1e-006,1e+010,0,0,0,
CLS,1,
DATA_CHECK,
R_CHECK,
R_STATIC,

```

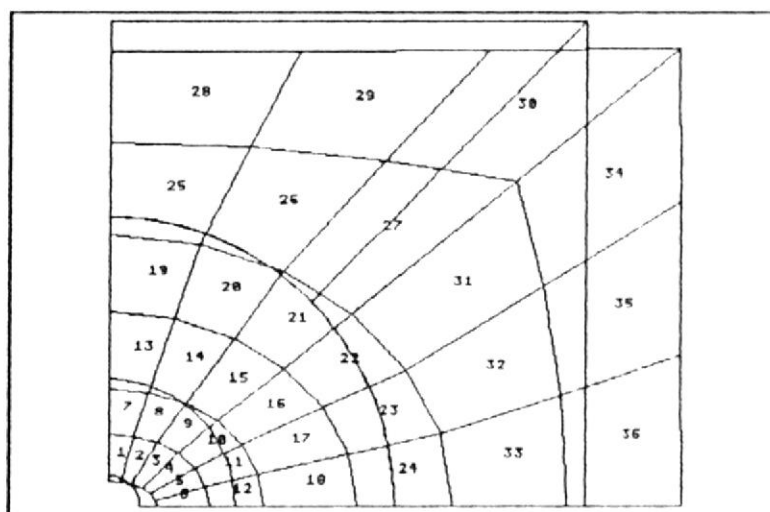


FIG. B.5.3 PLACA DEFORMADA (PROBLEMA B.5).

RESULTADOS.

TITULO : CONCENTRACION DE ESFUERZO EN UNA PLACA CUADRADA SUJETA A TENSION UNIFORME.

TIPO : ANALISIS ESTATICO, ELEMENTO PLANE2D.

C O N T R O L I N F O R M A T I O N

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

T O T A L S Y S T E M D A T A

NUMBER OF EQUATIONS(NEQ) = 84
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS(NWK) = 1102
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH(MK) = 23
 MEAN HALF BANDWIDTH(MM) = 13
 NUMBER OF ELEMENTS(NUME) = 36
 NUMBER OF NODAL POINTS(NUMNP)= 49
 SIZE OF EACH BLOCK(MTBLK)= 3413
 NUMBER OF BLOCKS(NBLK) = 1

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .168110E+06
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .209569E+05

LOAD CASE NUMBER = 1

TOTAL STRAIN ENERGY = .141930E+01

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	.00000	-4.73383E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
2	3.21364E-04	-4.43687E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
3	6.28995E-04	-3.66015E-04	.00000	.00000	.00000	.00000

4	9.15727E-04	-2.65563E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
5	1.15961E-03	-1.65051E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
6	1.32972E-03	-7.71105E-05	.00000	.00000	.00000	.00000
7	1.39291E-03	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
8	.00000	-6.29074E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
9	3.40776E-04	-5.72440E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
10	6.92908E-04	-4.34003E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
11	1.05685E-03	-2.69477E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
12	1.39551E-03	-1.30947E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
13	1.64623E-03	-4.47496E-05	.00000	.00000	.00000	.00000
14	1.74255E-03	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
15	.00000	-7.63608E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
16	5.42631E-04	-7.16244E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
17	1.05781E-03	-5.94465E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
18	1.53324E-03	-4.35610E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
19	1.93493E-03	-2.74430E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
20	2.21325E-03	-1.30112E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
21	2.31625E-03	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
22	.00000	-1.08911E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
23	8.74289E-04	-1.03748E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
24	1.67723E-03	-8.99527E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
25	2.38286E-03	-7.04401E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
26	2.94971E-03	-4.79575E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
27	3.32768E-03	-2.43450E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
28	3.46435E-03	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
29	.00000	-1.44651E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
30	1.20450E-03	-1.38441E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
31	2.30129E-03	-1.21637E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
32	3.25005E-03	-9.69965E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
33	4.00308E-03	-6.73203E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
34	4.49741E-03	-3.46872E-04	.00000	.00000	.00000	.00000

35	4.67552E-03	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
36	.00000	-1.88965E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
37	1.84947E-03	-1.84487E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
38	3.64748E-03	-1.73374E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
39	5.36906E-03	-1.59186E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
40	.00000	-2.33762E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
41	2.47687E-03	-2.30463E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
42	4.97545E-03	-2.24914E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
43	7.47426E-03	-2.18674E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
44	5.76764E-03	-1.07029E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
45	6.05073E-03	-5.36704E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
46	6.15759E-03	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
47	7.53869E-03	-1.43801E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
48	7.60784E-03	-6.99446E-04	.00000	.00000	.00000	.00000
49	7.65013E-03	.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 = 8
 TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX = 8
 TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX = 1
 TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS = 8
 T O T A L S O L U T I O N T I M E = 25

S T R E S S E V A L U A T I O N F O R S T A T I C A N A L Y S I S

STRESS OUTPUT FOR 2/D ELEMENT GROUP 1 CASE NO. 1

(PLANE STRESS)

ELEMENT NUMBER	STRESS NODE	OUTPUT SIGMA-X ANGLE	SIGMA-Y	TAU-XY	SIGMA-Z	VON MISES
1	1	.213228E+02	.283570E+01	-.905379E+00	.000000E+00	.201171E+02
	2	.213060E+02	.192251E+01	-.102897E+01	.000000E+00	.204905E+02
	9	.969013E+01	.198665E+01	.569618E+00	.000000E+00	.892008E+01
	8	.969682E+01	.235192E+01	.619054E+00	.000000E+00	.882628E+01
	CENTER	.155039E+02	.227420E+01	-.186418E+00	.000000E+00	.145048E+02
.155066E+02	.227157E+01	-.807				

S O L U T I O N T I M E L O G I N S E C F O R S T R E S S C A L C U L A T I O N S

READING GENERAL INFORMATION AND ELEMENT DATA . . .	=	9
STRESS CALCULATION AND PRINTOUT	=	9
UPDATING DATABASE	=	3
T O T A L S O L U T I O N T I M E	=	21

FACTOR DE CONCENTRACION DE ESFUERZO:

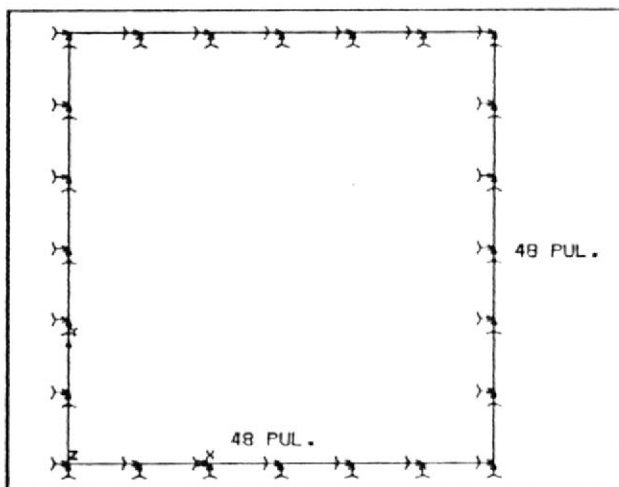
$$21.3228/10 = 2.13228.$$

B.6 FRECUENCIAS NATURALES DE UNA PLACA SIMPLEMENTE APOYADA.

TIPO: ANALISIS DINAMICO, ELEMENTO SHELL4.

REFERENCIA: S. Timoshenko, D. H. Young y Weaver Jr., "Vibration Problems in Engineering", John Wiley & Sons, 1974.

PROBLEMA: Determinar las primeras cinco frecuencias naturales de una placa simplemente apoyada, las dimensiones son las presentadas a continuación:



Dado: $E = 10.5 E6 \text{ psi.}$

$\nu = 0.333$

$DENS = 2.588E-4 \text{ lbm/pul}^3$

Espesor = 1 pul.

FIG. B.6.1 PROBLEMA B.6.

COMANDOS:

*** GENERACION DE GEOMETRIA ***

```
PLANE,Z,0,1,  
VIEW,0,0,1,  
SCALE,0,  
CRPCORD,1,0,0,0,48,0,0,48,48,0,0,48,0,0,0,0,  
SF4CR,1,1,2,3,4,0,
```

```
*** SELECCION DEL ELEMENTO Y PROPIEDADES DEL MATERIAL ***
```

```
EGROUP,1,SHELL4,1,0,0,0,0,0,0,0,
```

```
*** elemento cascarón delgado de 4 nodos ***
```

```
MPROP,1,EX,10.5E6,
```

```
MPROP,1,NUXY,0.33333,
```

```
MPROP,1,DENS,2.588E-4,
```

```
RCONS,1,1,1,1,1,
```

```
*** GENERACION DE LA MALLA DE ELEMENTOS FINITOS ***
```

```
M_SF,1,1,1,4,6,6,1,1,
```

```
*** CONDICIONES DE FRONTERA ***
```

```
DND,1,UX,0,7,1,UY,UZ,,
```

```
DND,8,UX,0,43,7,,
```

```
DND,8,UY,0,43,7,UZ,,
```

```
DND,14,UX,0,49,7,UY,UZ,,
```

```
DND,44,UX,0,48,1,UY,UZ,,
```

```
*** TIPO DE ANALISIS ***
```

```
A_FREQUENCY,5,S,16,1,0,0,0,1e-005,0,1e-006,0,0,0,
```

```

DATA_CHECK,
R_CHECK,
VIEW,1,1,1,

```

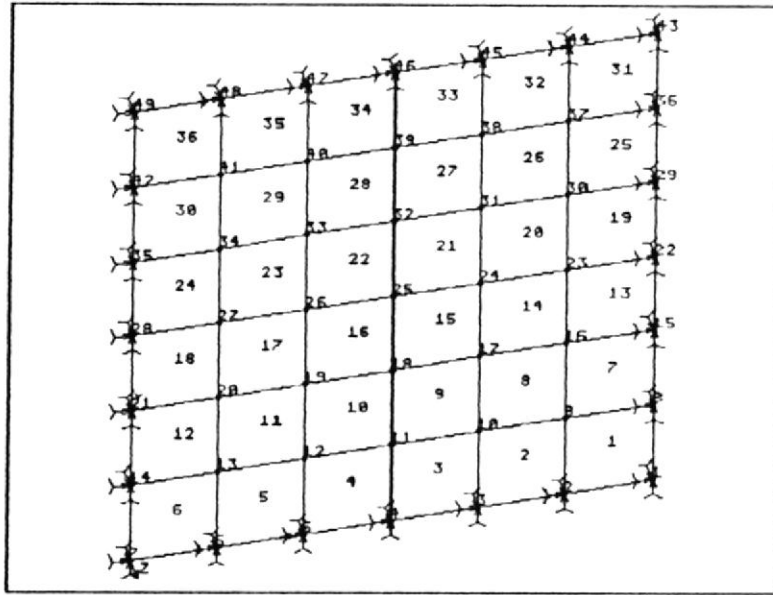


FIG. B.6.2 ELEMENTOS FINITOS Y CONDICIONES DE FRONTERA (PROBLEMA B.6).

```

CLS,1,

```

```

R_FREQUENCY

```

```

*** OTRO METODO ***

```

```

A_FREQUENCY,5,L,16,1,0,0,0,1e-005,0,1e-006,0,0,0,

```

```

R_FREQUENCY

```

RESULTADOS.

TITULO : ANALISIS DE FRECUENCIAS DE UNA PLACA SIMPLEMENTE APOYADA.
TIPO : ANALISIS DINAMICO, ELEMENTO PLANE2D.

C O N T R O L I N F O R M A T I O N
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

T O T A L S Y S T E M D A T A

NUMBER OF EQUATIONS(NEQ) = 222
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS(NWK) = 8427
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH(MK) = 48
 MEAN HALF BANDWIDTH(MM) = 37
 NUMBER OF ELEMENTS.(NUME) = 36
 NUMBER OF NODAL POINTS.(NUMNP)= 49
 SIZE OF EACH BLOCK.(MTBLK)= 3275
 NUMBER OF BLOCKS.(NBLK) = 3

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .126020E+09
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .645994E+06

M A S S M O M E N T I N F O R M A T I O N					
WEIGHT	.000000E+00	MASS	.596275E+00	VOLUME	.230400E+04
MASS MOMENT OF INERTIA W.R.T. C.G.					
IX	.112364E+03	IY	.112364E+03	IZ	.224729E+03
MASS PRODUCT OF INERTIA W.R.T. C.G.					

PXY	-.413316E-03	!PXZ	.000000E+00	!PYZ	.000000E+00
RADIOI OF GYRATION W.R.T. C.G.					
RX	.137275E+02	!RY	.137275E+02	!RZ	.194136E+02
CENTER OF GRAVITY					
CGx	.240000E+02	!CGy	.240000E+02	!CGz	.000000E+00
PRINCIPAL MASS MOMENT OF INERTIA					
P1	.224729E+03	!P2	.112365E+03	!P3	.112364E+03
PRINCIPAL RADIOI OF GYRATION					
R1	.194136E+02	!R2	.137275E+02	!R3	.137275E+02
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	.725486E+00	!N_22	.688236E+00	!N_23	.000000E+00
N_31	-.688236E+00	!N_32	.725486E+00	!N_33	.000000E+00

S O L U T I O N P A R A M E T E R S

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)=	1
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

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. REFERENCIA Hz.
1	.5235810E+03	.8333050E+02	.1200041E-01	.8409E+2
2	.1295845E+04	.2062401E+03	.4848717E-02	.21024E+3
3	.1295845E+04	.2062401E+03	.4848717E-02	.21024E+3
4	.2025963E+04	.3224420E+03	.3101333E-02	.33638E+3
5	.2545998E+04	.4052081E+03	.2467867E-02	.420471E+3

SOLUTION TIME LOG

INPUT PHASE	26
ASSEMBLAGE OF THE STIFFNESS MATRIX	25
ASSEMBLAGE OF THE MASS MATRIX	4
DECOMPOSITION OF THE STIFFNESS MATRIX	10
EIGENVALUE SOLUTION	100
OUTPUT PHASE	5
TOTAL SOLUTION TIME	170

OTRO METODO *** LANCZOS ***.

CONTROL INFORMATION
(IGUAL QUE EL METODO ANTERIOR)

TOTAL SYSTEM DATA

NUMBER OF EQUATIONS (NEQ) = 222

NUMBER OF MATRIX ELEMENTS (NWK) = 8427
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH (MK) = 48
 MEAN HALF BANDWIDTH (MM) = 37
 NUMBER OF ELEMENTS. (NUME) = 36
 NUMBER OF NODAL POINTS. (NUMNP)= 49
 SIZE OF EACH BLOCK. (MTBLK)= 3275
 NUMBER OF BLOCKS. (NBLK) = 3

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .126020E+09
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .645994E+06

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)= 1
 MAXIMUM NUMBER OF ITERATIONS (ITMAX)= 16
 FREQUENCY SHIFT FLAG (IFRSH)= 0
 FREQUENCY SHIFT. (FRSH)= .0000000E+00
 CONVERGENCE TOLERANCE. (RTOL)= .1000000E-04

FREQUENCY ANALYSIS
 by
 LANCZOS ALGORITHM

FREQUENCY NUMBER	FREQUENCY (RAD/SEC)	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SECONDS)	TEORIA. REFERENCIA (HZ)
1	.5235810E+03	.8333050E+02	.1200041E-01	0.84095E+2
2	.1295845E+04	.2062401E+03	.4848717E-02	0.21024E+3
3	.1295845E+04	.2062401E+03	.4848717E-02	0.21024E+3

4	.2025963E+04	.3224420E+03	.3101333E-02	0.33638E+3
5	.2546044E+04	.4052156E+03	.2467822E-02	0.420471E+3

S O L U T I O N T I M E L O G

INPUT PHASE	26
ASSEMBLAGE OF THE STIFFNESS MATRIX	26
ASSEMBLAGE OF THE MASS MATRIX	4
DECOMPOSITION OF THE STIFFNESS MATRIX	10
EIGENVALUE SOLUTION	163
OUTPUT PHASE	5
TOTAL SOLUTION TIME	234

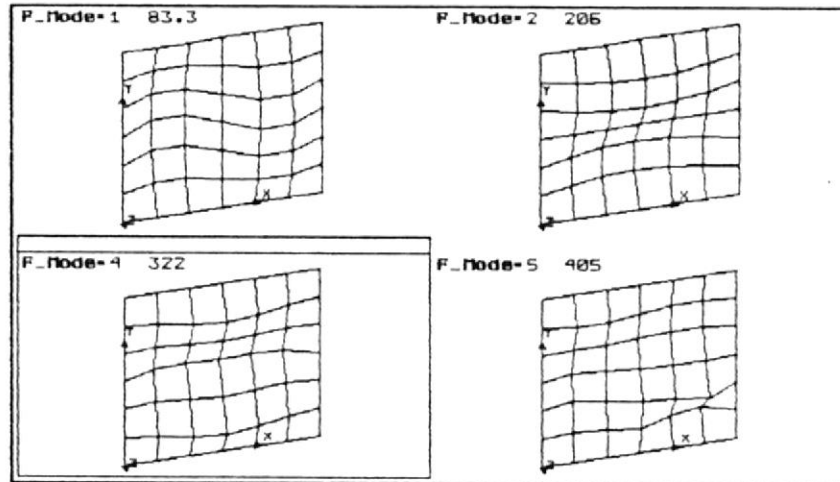


FIG. B.6.3 FRECUENCIAS NATURALES PARA LA PLACA (PROBLEMA B.6).

A P E N D I C E C.

RESULTADO Y EVALUACION DE LAS ENCUESTAS INDUSTRIALES
REALIZADAS EN LAS CIUDADES DE GUAYAQUIL, QUITO Y CUENCA.

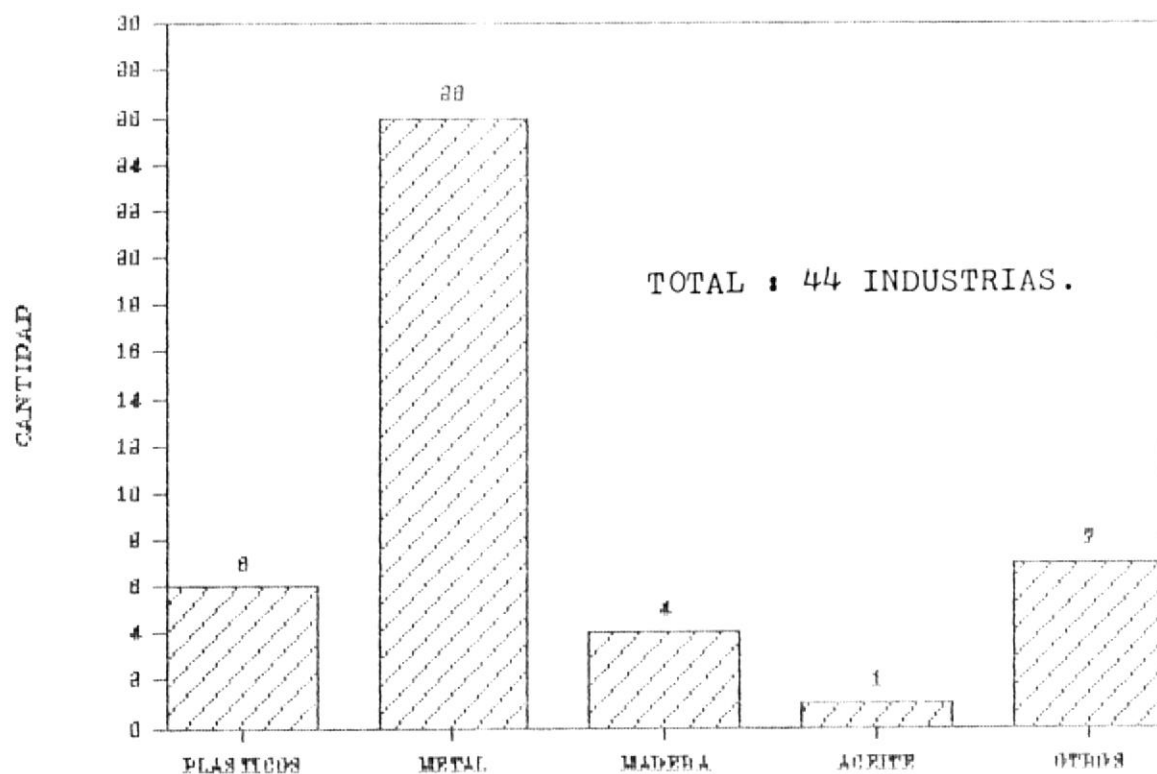


FIG. C.1. CLASIFICACION DE LA INDUSTRIA POR PRODUCTO.

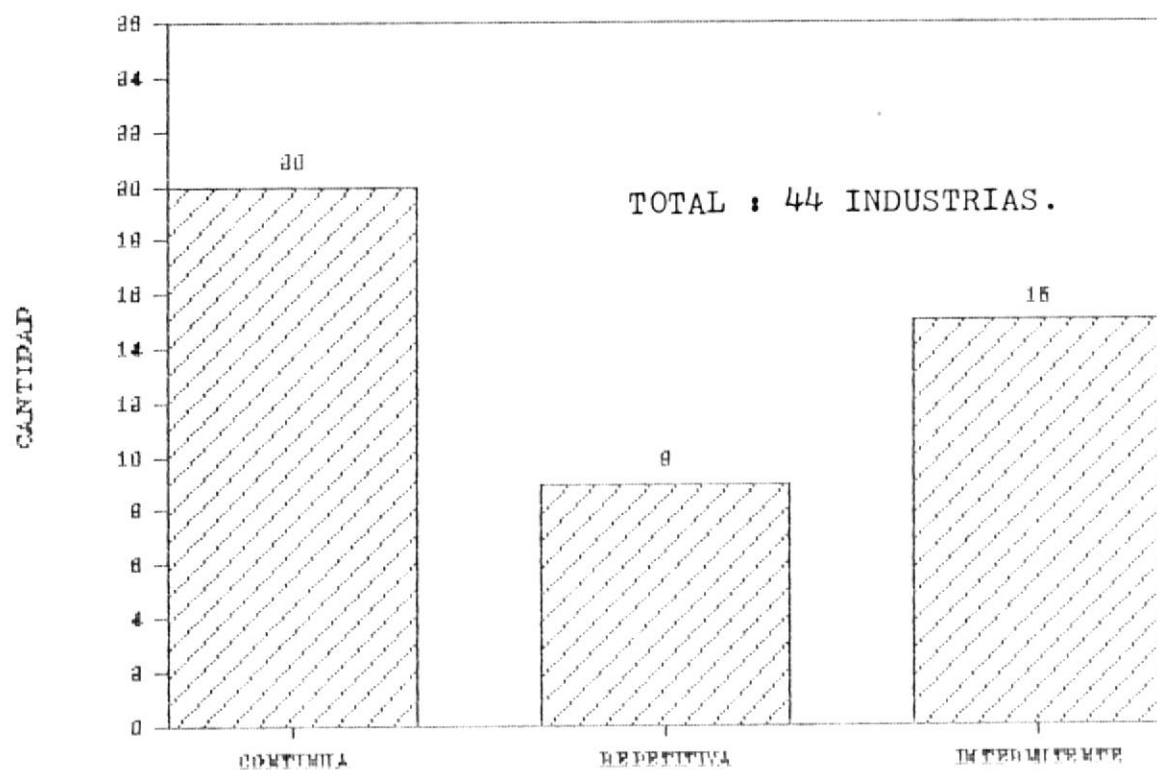


FIG. C.2 CLASIFICACION DE LA INDUSTRIA SEGUN EL TIPO DE PRODUCCION.

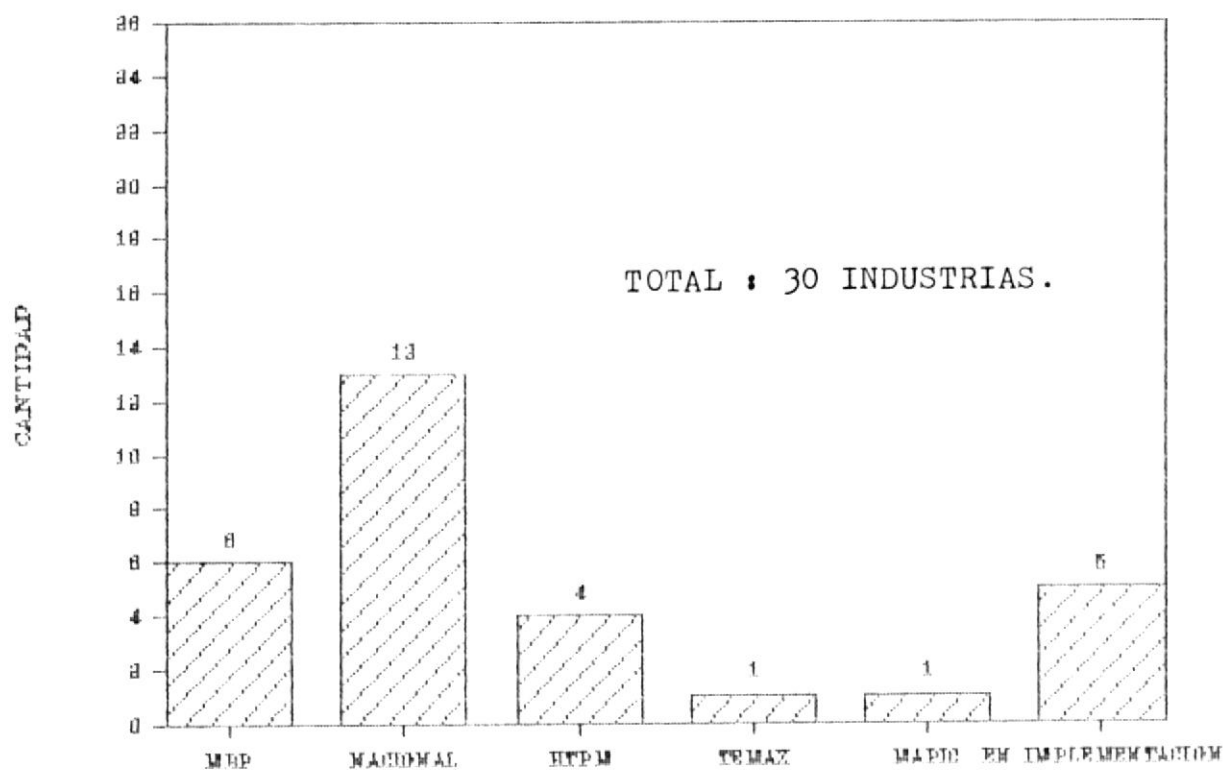


FIG. C.3 PROGRAMAS DE CONTROL DE PRODUCCION.

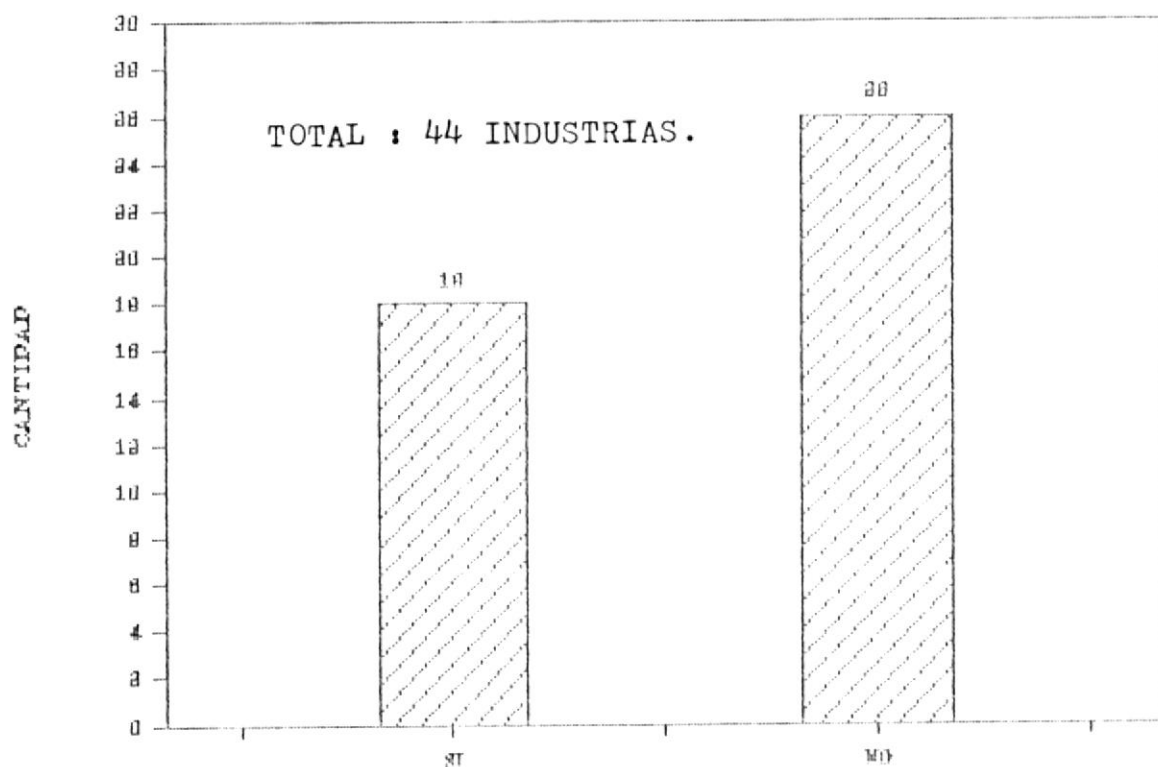


FIG. C.4, SE EMPLEA LA COMPUTADORA EN EL DIBUJO Y DISEÑO.

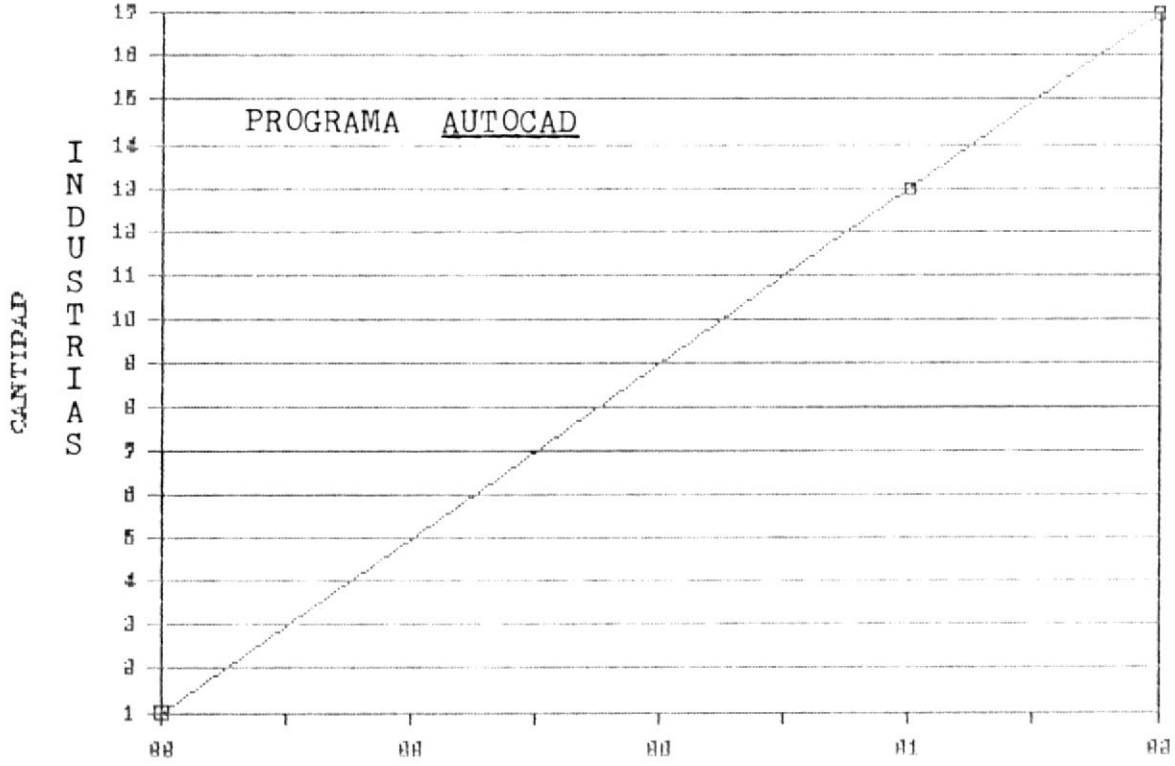


FIG. C.5. IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA AUTOCAD.

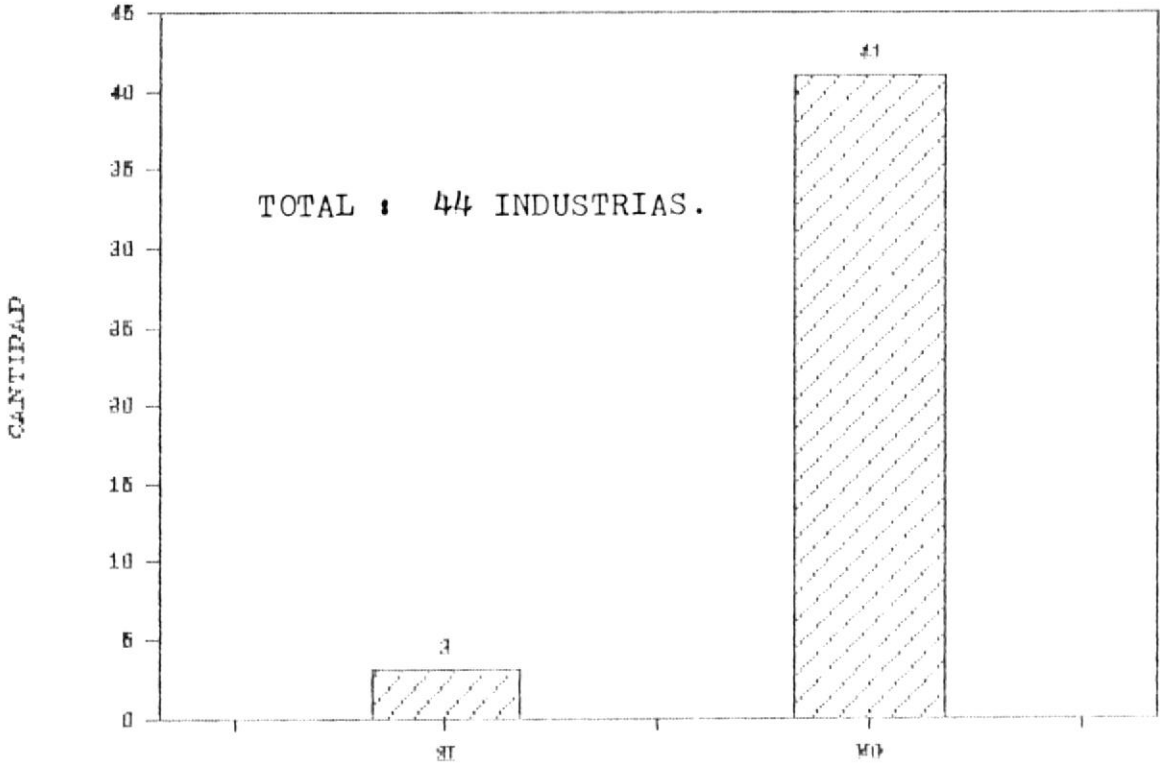


FIG. C.6. EMPLEO DEL ANALISIS POR ELEMENTOS FINITOS.

EVALUACION DE LAS ENCUESTAS.

De las industrias encuestadas, una muestra de 44 en las tres principales ciudades industrializadas del país, se puede decir, referido al control de producción y dibujo y diseño con ayuda de la computadora:

1.- El mayor porcentaje de industrias corresponde a las de transformación (casi el 100%). El país basa su potencial industrial en la transformación de una materia prima para obtener un bien de capital.

2.- Un buen porcentaje (45%) de las industrias encuestadas tienen una producción continua, es decir, que laboran las 24 horas del día produciendo un determinado producto, seguido está la industria intermitente.

3.- Si bien el control de producción con ayuda de la computadora se conoce en la industria nacional (75%), se lo utiliza en un 68%, con un buen número de programas nacionales (43% de los utilizados). Esto demuestra que la industria está conciente de que la computadora es una ayuda para controlar la producción. Los años de implementación se dan desde 1988 hasta la fecha.

4.- El industrial conoce el sistema de Diseño con ayuda de la computadora (siglas 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.

5.- Todo lo que se puede hablar sobre Elementos Finitos se reduce al empleo de 4 industrias de programas de análisis por Elementos Finitos. Estas industrias son:

IEPESA, en la ciudad de Quito, con un programa elaborado en una tesis de grado de la Escuela Politécnica del Ejercito.

DELTA DELFINI, en la ciudad de Guayaquil, con el programa NISA II, empleado en el diseño de tubería.

INEM, en la ciudad de Guayaquil, con un programa nacional propio.

Una industria no encuestada por nosotros, pero que posee un programa de elementos finitos es ESTRUSA (Estructuras de Aluminio), en la ciudad de Quito.

En CEBCA (Corporación Ecuatoriana de Bienes de Capital), poseen el programa COSMOS/M en la versión estandar, es

decir con posibilidad de analizar un modelo con hasta 5000 nodos. El programa se encuentra instalado en Quito, y el trabajo que han realizado con el se limita a la verificación de resultados, similar a lo efectuado en este manual.

Existe posibilidad en un futuro de realizar diseños para la industria mediante análisis por elementos finitos, los programas se conocen muy poco en nuestro país; pero, a futuro resultará una herramienta muy importante para el diseño ingenieril.

A continuación se presenta el formato de la encuesta industrial realizada:



ESPOL

Campus Politécnico La Prosperina

Facultad de Ingeniería en Mecánica

Centro de Ingeniería Asistida por Computadora

Apartado Postal 09015963 Fax: 352851 Telf: 352804-51

CUESTIONARIO

Nombre de la Empresa _____

Representante Legal _____

Ciudad _____ Castilla _____ Telex/fax _____ Telf: _____

Dirección Oficina: _____

Dirección Planta: _____

Años de actividad _____ Numero de empleados _____

Persona 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 Computadora?

Si

No

Tiene Ud. conocimiento del 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 algún diseño dentro de su industria, ha utilizado el análisis por elementos finitos (FEA):

Si No

Programas de Elementos Finitos implementados en su industria

Año

- Lusas
- 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

Posee Máquinas con Control Numérico en su Industria.

Máquina	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 computadora.

Si

No

Utiliza en su Industria este tipo de sistema:

Si

No

Programa(s) implementado(s) en su industria

Año

- Mastercam

- Patran

- Pathtrace

Nota : Si Ud. está interesado en recibir asesoría, servicios o más información sobre los sistemas expuestos en este cuestionario, favor comunicarse con el Centro de Ingeniería Ayudada por Computadora Facultad de Ingeniería en Mecánica. ESPOL.

BIBLIOGRAFIA.

1. LOGAN, Daryl, A First Course in the Finite Element Method, PWS - KENT Publishing Company, Boston, 1986.
2. COOK, Robert, Concepts and Applications of Finite Element Analysis, John Wiley & Sons, New York, 1981.
3. HUEBNER, Kenneth, The Finite Element Method for Engineers, John Wiley & Sons, New York, 1975.
4. ROBERTS, Graham, Finite Element Analysis, The Papua New Ghinea, University of Technology, 1986.
5. KRISHNAMOORTHY, C S, Finite Element Analysis, Theory and Programming, Tata McGraw-Hill, New Delhi, 1990.
6. ROSS, C T F, Finite Element Methods in Engineering Science, Ellis Horwood, 1990.
7. SHIGLEY & MITCHELL, Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, México, 1985.

8. LOSHKARI & SARCHIN, Introduction to Cosmos/M, Structural Research and Analysis Corporation, Santa Mónica, California, 1989.

9. ENGINEERING MECHANICS RESEARCH CORPORATION, Nisa II, Verification Problems Manual, Michigan, 1990.